



Research Centre In Industrial Technologies -CRTI-
Université SAAD DAHLEB de BLIDA
Faculté de Technologie
Département d'Électronique

Mémoire de Master

Etude et Conception d'une borne de recharge hybride pour Véhicule électrique

Présenté par:

Chanane Yacine
Djilani Lokmane Abdelhakim

Spécialité:

Instrumentation

Supervisé par:

Promoteur: N.Tidjani
Co-promoteur: A.Belaout

Année Universitaire : 2023/2024

Remerciements

Tout d'abord, je remercie Allah pour la bénédiction de la connaissance et de l'intelligence qu'Il nous a accordées, et louanges à Allah pour Sa guidance et pour avoir facilité notre parcours académique. Le Prophète (la paix soit sur lui) a dit : "Celui qui ne remercie pas les gens ne remercie pas Allah". Dans ce contexte, après avoir remercié Allah, je tiens à remercier mes parents pour tout le soutien et l'aide qu'ils m'ont apportés. Ô Allah, accorde-leur Ta miséricorde comme ils m'ont élevé enfant.

Je remercie tous ceux qui m'ont soutenu, ne serait-ce que par une parole aimable, à savoir :

Les membres de la famille, en commençant par mes frères jusqu'au dernier membre de la famille.

Le personnel éducatif, des enseignants aux professeurs en général, en particulier Tidjani.N, Abdesslam Belaout, Abdesslam Bennamer, Benturki Lamouri, Farid Yakhlef, Bounekhla Jr, Kaoula.I.

Amis et proches que cette page ne suffira peut-être pas à mentionner.

Résumé

Les bornes de recharge pour voitures électriques sont un type d'infrastructure qui fournit l'énergie électrique pour recharger les VE. En raison des dommages environnementaux et de la hausse des prix du carburant, la plupart des constructeurs automobiles se tournent actuellement vers les véhicules électriques plutôt que vers les voitures traditionnelles. Étant donné que les véhicules électriques contiennent de grandes batteries, leur utilisation de l'électricité est importante, ce qui entraîne une consommation considérable d'énergie et peut affecter le système de réseau électrique et provoquer des déséquilibres dans l'approvisionnement. Face à ce problème et dans le but de trouver une solution pour l'efficacité énergétique, la recherche sur les sources d'énergie renouvelable est devenue plus importante afin de tenter de les intégrer au système de réseau actuel pour éviter les problèmes d'approvisionnement en énergie et répondre aux besoins des voitures .

mot-clé : véhicule électrique, énergie photovoltaïque, hybrid, borne de recharge, réseau électrique ,batterie

Table des matières

Remerciements	1
Résumé	1
Liste des figures	6
Liste des tableaux	9
Abréviations	10
Introduction générale	10
Chapitre 1	13
1 Véhicules Électriques : Évolution, Technologies et Composants	
Essentiels	13
1.1 Introduction	13
1.2 Définition de véhicule électrique	14
1.3 Un bref résumé sur l’histoire des voitures électriques	15
1.4 Type des véhicules électrique	15
1.4.1 Véhicule tous électrique	15
1.4.2 Véhicule électrique hybride	16
1.5 Moteur de véhicules électrique	19
1.5.1 Comment ça marche	19
1.5.2 Type des moteurs électrique	19
1.6 Les batteries de traction des voitures électriques	21
1.6.1 Compostions d’un batterie voiture électrique	21
1.6.2 Technologies utilisées dans les batteries de véhicules électriques	22
1.7 Niveau de recharge	23
1.8 Les modes de recharge	24
1.9 Connecteurs De Charge De Véhicule Électrique	25
1.9.1 Connecteurs de charge AC	26

1.9.2	Connecteurs de charge DC	27
	Conclusion	28
Chapitre 2		30
2	Système Énergétique pour borne de Recharge Hybrides pour Véhicules Électriques	30
2.1	Introduction	30
2.2	Borne de recharge hybride pour véhicule électrique	31
2.3	Photovoltaïque	32
2.3.1	Introduction	32
2.3.2	Cellule photovoltaïque	32
2.3.3	Fonctionnement d'une cellule photovoltaïque	33
2.3.4	Influence de l'association des modules PV	33
2.3.5	L'algorithme MPPT	35
2.4	Les Hacheur	38
2.4.1	Type des hacheurs	39
2.5	Stockage énergie	41
2.5.1	Stockage énergie par la batterie	41
2.5.2	Stockage énergie par Super condensateur	44
2.6	Réseau électrique	47
2.6.1	Définition	47
2.6.2	Type des réseau	47
2.6.3	Description des réseaux	48
2.6.4	Le redresseur	49
	Conclusion	50
Chapitre 3		52
3	Présentation et simulation borne de recharge	52
3.1	Introduction	52
3.2	Conception globale du système	53
3.2.1	système photovoltaïque	53
3.2.2	Système de stockage d'énergie ET BMS	58
3.2.3	Système Réseaux électrique	60
3.3	Simulation de système	61
3.3.1	Les scenarios de recharge	62
	Conclusion	78
Conclusion général		79
Bibliography		80

Liste des figures

1.1	Ventes de véhicules électriques au premier semestre 2023	14
1.2	Voiture électrique avec une batterie	14
1.3	De l'électricité pour charger la batterie de VE	16
1.4	Véhicule de pile à combustible avec Réservoir d'hydrogène	17
1.5	Schéma de principe d'un véhicule hybride série	17
1.6	Schéma de principe d'un véhicule hybride parallèle	18
1.7	Schéma de principe d'un véhicule hybride combiner	18
1.8	Architecture d'un moteur asynchrone	20
1.9	Architecture d'un moteur synchrone	20
1.10	Conception de batterie de voiture électrique Renault	21
1.11	Diagramme de Ragone qui présente les principales performances de ces différents couple batterie.	23
1.12	Différents connecteurs de charge AC	26
1.13	Différents connecteurs de charge DC	27
2.1	borne de recharge pour véhicules électriques Tesla de nouvelle génération	31
2.2	Conception d'une borne de recharge hybride pour véhicules électriques	32
2.3	fonctionnement d'un cellule photovoltaïque.	33
2.4	Caractéristique de nombre des modules en série	34
2.5	Caractéristique de nombre des modules en parallèle	34
2.6	Caractéristique de nombre des modules mixte (Série + Parallèle) . .	35
2.7	Schéma simple de MPPT	35
2.8	Schéma simple de MPPT	36
2.9	Algorithme P&O de base	36
2.10	Algorithme de conductance incrémentale	37
2.11	Organigramme de l'algorithme MPPT conventionnel basé sur la tension en circuit ouvert fractionné	38
2.12	Schéma principe d'un Hacheur	38
2.13	Schéma simple de convertisseur BUCK.	39
2.14	Schéma simple de convertisseur BOOST.	40

2.15	Schéma d'un hacheur réversibles en courant.	40
2.16	Schéma d'un hacheur réversibles en tension.	41
2.17	Schéma simple de hacheur réversible en tension et en courant.	41
2.18	Le schéma de principe de fonctionnement d'une batterie	42
2.19	Chimie générale des batteries pour les BESS	43
2.20	Schéma Electrique d'un super condensateur	45
2.21	Structure interne d'un super condensateur	45
2.22	Schéma d'un pricipce de charge de super condensateur	46
2.23	Schéma d'un pricipce de décharge de super condensateur	46
2.24	Différentes lignes électriques et pylônes électriques	47
2.25	Transport et distribution de l'électricité	48
2.26	Redresseur triphasé double alternance thyristor	49
2.27	Forme d'onde d'entrée et de sortie et de sortie	50
3.1	Architecture globale de la borne de recharge	52
3.2	schéma fonctionnel du module pv sur matlab/simulink	53
3.3	Caractéristiques I-V et P-V du générateur photovoltaïque à éclair- ement constant	54
3.4	Caractéristiques I-V et P-V du générateur photovoltaïque à tem- pérature constante	55
3.5	Block de MPPT	55
3.6	L'organigramme de l'algorithme de contrôle P&O MPPT	56
3.7	CONVERTISSEUR BOOST DC-DC	57
3.8	Bloc de batterie	58
3.9	algrothime de controle batterie	58
3.10	subsysteme de Système de stockage d'énergie	59
3.11	Système Réseau électrique en simulink/MATLAB	60
3.12	Processus de conversion AC à DC	60
3.13	Système borne de recharge hybride en MATLAB/simulink	61
3.14	Irradiation et puissance produite par des PV	62
3.15	Tension et courant générés par le PV	62
3.16	Courant de boost	63
3.17	courant de gâchette sur igbt de PV	63
3.18	courant de gâchette sur igbt de la batterie et le réseau	64
3.19	tension et courant pendant la charge	64
3.20	état de charge	65
3.21	Irradiation et puissance produite par des PV	65
3.22	Tension et courant générés par le PV	66
3.23	Courant de boost	66
3.24	Redressement signal de réseau	67
3.25	la charge de réseau	67

3.26	courant de gâchette sur igbt de PV	68
3.27	courant de gâchette sur igbt de réseau et de batterie	68
3.28	tension et courant pendant la charge	69
3.29	état de charge	69
3.30	redressement signal de réseau	70
3.31	la charge de réseau	70
3.32	courant de gâchette sur igbt de réseau	71
3.33	courant de gâchette sur igbt de PV et de batterie	71
3.34	tension et courant pendant la charge	72
3.35	état de charge	72
3.36	État de décharge, tension et courant de batterie de stockage	73
3.37	courant de gâchette sur igbt de batterie,PV et le de réseau	73
3.38	État de charge, tension et courant de batterie de VE	73
3.39	Irradiation et puissance produite par des PV	74
3.40	Tension et courant générés par le PV	74
3.41	courant de boost	75
3.42	courant de gâchette sur igbt de PV et de réseau vers la batterie	75
3.43	État de charge, tension et courant de batterie de VE	76
3.44	courant de gâchette sur igbt de PV et le réseau vers batterie de stockage	76
3.45	Redressement signal de réseau	77
3.46	état de charge	77
3.47	Tension et courant pendant la charge	77
3.48	Caractéristique de batterie	86
3.49	Parametre de batterie	87

Liste des tableaux

2.1	les différences technologies des batteries	44
3.1	Les caractéristiques du module photovoltaïque	53
3.2	les caractéristiques de batterie	58

Liste des abréviations

- **AC ou CA:** Alternative Current.
- **BESS:** Battery Energy Storage System.
- **BMS:** Battery Management System.
- **CEI:** Commission Electrotechnique Internationale.
- **DC ou CC:** Direct Current.
- **EVSE:** Electric vehicle supply equipment.
- **FCEV:** Fuel cell electric vehicles.
- **GPV:** Générateur PhotoVoltaïque.
- **IGBT:** Insulated-Gate Bipolar Transistor.
- **MPPT:** Maximum Power Point Tracking.
- **SOC:** State Of Charge.
- **PV:** PhotoVoltaïque.
- **VE ou EV:** Véhicule électrique.

Introduction générale

Sous prétexte de la pollution environnementale et des perturbations des prix du carburant, les grandes entreprises internationales se dirigent vers une nouvelle génération de voitures visant à abandonner l'utilisation des moteurs traditionnels alimentés par les carburants fossiles, au profit des moteurs électriques alimentés par l'électricité. En termes d'autonomie, de coût et de performances, les voitures électriques ont su rivaliser fortement, notamment grâce au développement et au soutien technologiques, comme en témoigne les réductions d'impôts accordées par l'Algérie, estimées à 80% [1].

Du montant des frais, avec une garantie de recharge gratuite au niveau des nouvelles stations Sonelgaz. Cependant, cette technologie rencontre actuellement des problèmes qui entravent sa diffusion, tels que la batterie, le temps de recharge, ainsi que les sources de production et la disponibilité d'énergie élevée. Actuellement, certaines régions, en particulier pendant l'été, souffrent de coupures fréquentes de courant en raison de la surcharge, de l'augmentation de la consommation et de la vétusté des infrastructures. Parmi les solutions actuelles pour accueillir ce type de véhicules, la mise en place d'une infrastructure de recharge visant à réduire le temps de recharge et à alléger la pression sur le réseau électrique. Dans cette optique, cette thèse vise à étudier la possibilité de concevoir des stations de recharge hybrides alimentées à la fois par l'énergie solaire et par le réseau traditionnel, afin de fournir un environnement idéal pour la recharge des voitures, de réduire la pression sur le réseau et de diminuer la production d'électricité traditionnelle.

CHAPITRE 1

1

Véhicules Électriques : Évolution, Technologies et Composants Essentiels

1.1 Introduction

Dans un contexte de concurrence féroce imposée par les moteurs à combustion interne, bénéficiant de la baisse des coûts de carburant et de maintenance, ainsi que de leur popularité, malgré les craintes concernant les problèmes de charge et les coûts, les voitures électriques continuent de gagner du terrain jour après jour sur le marché. En effet, en 2022, 14 % des voitures vendues étaient électriques, soit environ 10 millions de voitures, ce qui a entraîné la présence de plus de 26 millions de voitures électriques sur les routes jusqu'à cette année-là, constituant un bond significatif par rapport aux années précédentes, 2021 et 2020, où leur taux était respectivement de 9 % et 5 % [2]. En 2023, au cours du premier semestre, un total de 6 millions de voitures BEV et PHEV ont été livrées, soit une augmentation d'environ 40 % [3].

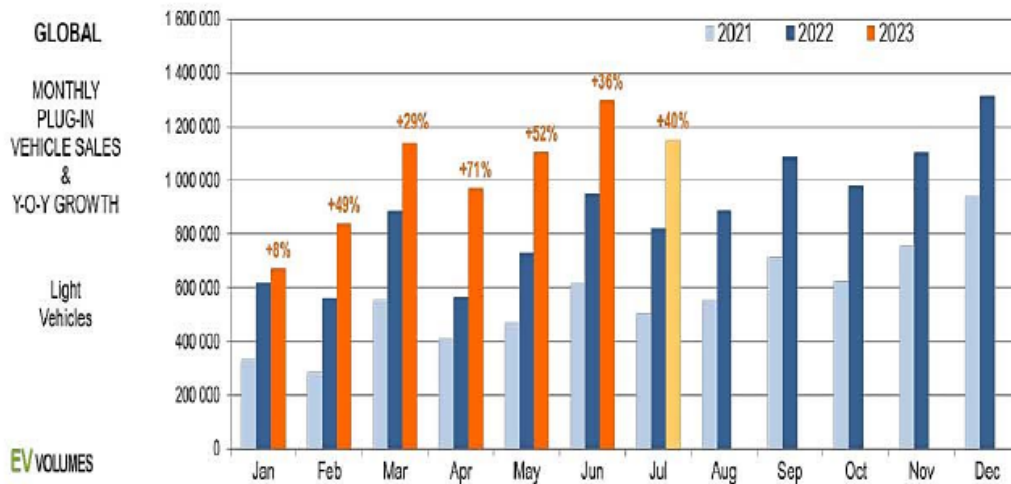


Figure 1.1: Ventas de vehículos eléctricos au premier semestre 2023

Dans ce chapitre, nous aborderons la nature des voitures électriques, leur histoire, et nous fournirons un bref aperçu de leurs caractéristiques générales, des différents types disponibles, ainsi qu'une présentation générale de leurs principaux composants, à savoir le moteur et la batterie [4].

1.2 Définition de véhicule électrique

Il s'agit d'un moyen de transport utilisant un moteur électrique alimenté par l'électricité stockée dans la batterie [5].



Figure 1.2: Voiture électrique avec une batterie

1.3 Un bref résumé sur l'histoire des voitures électriques

Le terme "voiture électrique" est ancien et ne constitue pas un sujet nouveau. Les premières voitures électriques sont apparues au début du XIXe siècle, avec des modèles initiaux de petite taille fonctionnant sur des batteries non rechargeables. Entre 1880 et 1910, les voitures se sont répandues en Europe et en Amérique parmi les populations et les célébrités, gagnant en popularité au début du XXe siècle, notamment avec l'émergence de sociétés de fabrication telles qu'Électrobat et Columbia, devenant ainsi des concurrentes des voitures à vapeur et à essence. Au milieu du XXe siècle, avec la découverte du pétrole et la baisse des prix du gaz et du carburant, les voitures électriques ont commencé à perdre leur part de marché [6].

La révolution technologique actuelle et les développements dans le domaine des batteries et des moteurs, associés aux préoccupations environnementales, ont ramené les voitures électriques sur le devant de la scène, où nous assistons actuellement à une compétition féroce entre elles et les voitures à essence [4].

1.4 Type des véhicules électrique

Les véhicules électriques sont classés selon le degré de leur utilisation de l'électricité comme source d'énergie, de sorte que l'on retrouve trois catégories : les véhicules tout électriques qui utilisent uniquement la batterie, les véhicules électriques hybrides rechargeables et les véhicules électriques hybrides [7] :

1.4.1 Véhicule tous électrique

On l'appelle Bev, ou simplement Ev. Ce sont des véhicules qui n'ont pas de moteur à essence et qui se contentent uniquement du moteur électrique et qui dépendent de l'électricité comme principale source d'énergie. Ils contiennent des batteries de grande capacité qui stockent l'électricité et les batteries sont rechargeables. Les batteries sont chargées à partir d'une source externe. Elles se caractérisent par la possibilité de les recharger à la maison et même sur le lieu de travail. Il existe deux types de voitures électriques à batterie selon leur source d'énergie [7] :

Voitures électriques avec une batterie chargée par le courant

Ce type est considéré comme le plus répandu au monde. La batterie est alimentée par un courant électrique provenant d'une source externe, qui est souvent un réseau électrique ou une énergie renouvelable [8]. Le problème le plus important de ce type est la vitesse de charge, comme en présence de bornes de recharge qui utilisent une charge ultra-rapide. il faut environ 20 minutes au maximum pour charger 80 %, mais il est actuellement encore en développement.

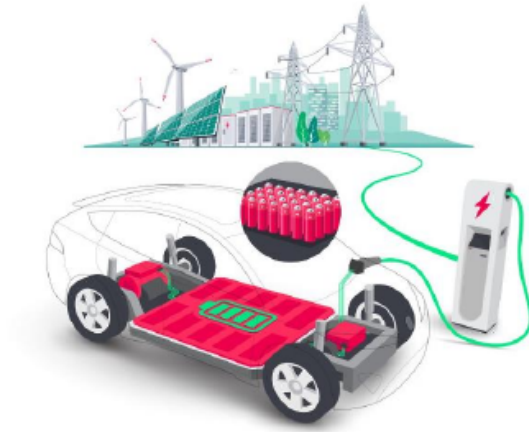


Figure 1.3: De l'électricité pour charger la batterie de VE

Voitures électriques à batterie chargées par une pile à combustible

Les véhicules électriques à pile à combustible (FCEV) sont considérés comme un dispositif électrochimique dans lequel des réactions chimiques se produisent pour produire de l'électricité. Ils ne contiennent pas de batterie comme le premier type.

Il existe différents types de piles à combustible, la plus connue étant la réaction de l'oxygène avec l'hydrogène de l'air [9], et le BMX 5 est un véritable modèle utilisant cette technologie [10].

1.4.2 Véhicule électrique hybride

Les véhicules hybrides sont des véhicules qui contiennent au moins deux moteurs différents, généralement un moteur thermique (essence ou diesel) et un moteur électrique. Ces deux moteurs peuvent fonctionner simultanément ou indépendamment l'un de l'autre selon la technologie utilisée dans la voiture. de systèmes de propulsion hybrides : série , parallèle et série parallèle [11].

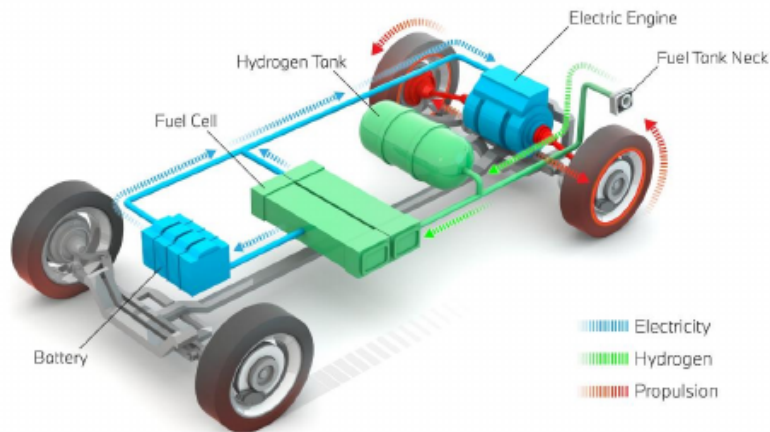


Figure 1.4: Véhicule de pile à combustible avec Réservoir d'hydrogène

Véhicule hybride Série

Dans ce cas, les deux moteurs sont en série, de sorte que le moteur thermique, qui fonctionne à vitesse de rotation constante, déplace le générateur électrique afin de produire de l'énergie électrique pour le moteur électrique. On peut alors choisir la vitesse de rotation du moteur thermique de manière à obtenir un rendement maximum. La figure suivante montre le principe de fonctionnement de ce système [12].

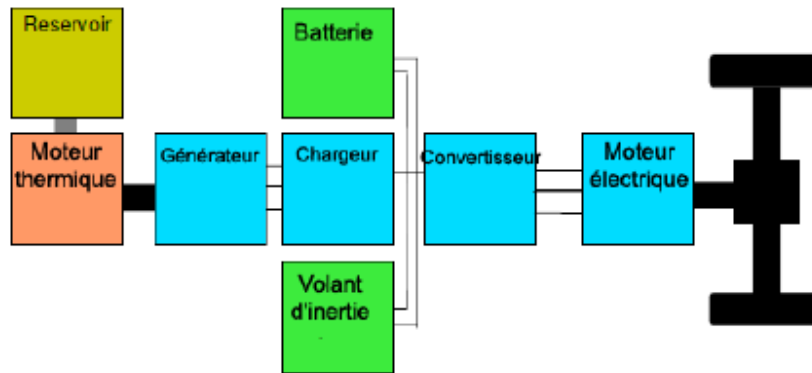


Figure 1.5: Schéma de principe d'un véhicule hybride série

Véhicule hybride parallèle

Dans cette architecture, les moteurs thermiques et électriques travaillent ensemble pour entraîner la voiture électrique, et les moteurs sont connectés à la transmission et aux roues. Contrôler des voitures hybrides avec une structure

parallèle est difficile car le processus de gestion de l'énergie est difficile, Car il demande au moteur électrique à la fois de recharger les batteries et d'aider à la conduite de la voiture [13]

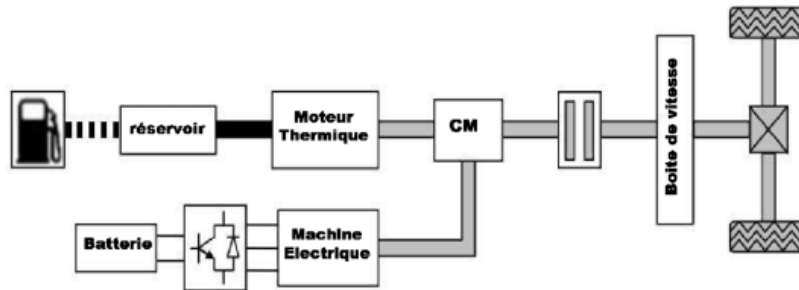


Figure 1.6: Schéma de principe d'un véhicule hybride parallèle

Véhicule hybride combiner

Cette configuration combine les avantages des configurations série et hybrides. Cette technologie résolvait le problème de l'architecture parallèle car elle disposait d'un deuxième moteur fonctionnant constamment en mode générateur pour recharger les batteries. La flexibilité et les degrés de liberté peuvent permettre de meilleures performances et réduire la consommation d'énergie. En revanche, elle est coûteuse car elle nécessite au moins deux machines électriques plus un moteur à combustion interne [13].

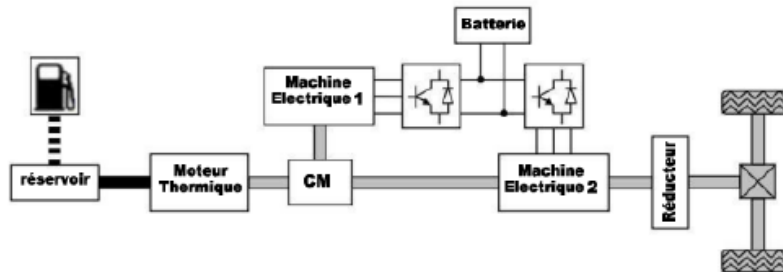


Figure 1.7: Schéma de principe d'un véhicule hybride combiner

1.5 Moteur de véhicules électrique

1.5.1 Comment ça marche

Lorsque le conducteur appuie sur la pédale d'accélérateur, le rotor tourne grâce à la transmission de l'électricité de la batterie au stator. Ce processus génère de l'énergie mécanique qui fait fonctionner les engrenages de la voiture, qui font tourner les roues de la voiture [14].

1.5.2 Type des moteurs électrique

Sur une voiture électrique il existe deux types de moteurs[14] :

Moteur a courant continue

Ce sont de petits moteurs non destinés à la propulsion des véhicules, et sont spécifiquement utilisés pour faire fonctionner les essuie-glaces et les vitres.

Moteur a courant alternative

Il est responsable de la traction de la voiture électrique et il en existe deux types :

Les moteurs asynchrones (ou à induction):

Ce moteur se compose d'un stator et d'un rotor. Le premier est un cylindre ferromagnétique dont les encoches accueillent des bobinages et le deuxième est constitué de deux anneaux attachés par des conducteurs. Il peut aussi être bobiné. A son niveau, la partie rotor tourne afin de rattraper le champ magnétique tournant généré par le stator. On y retrouve de nombreux véhicules équipés de ce type de moteur, car il est réputé pour sa puissance élevée [15].

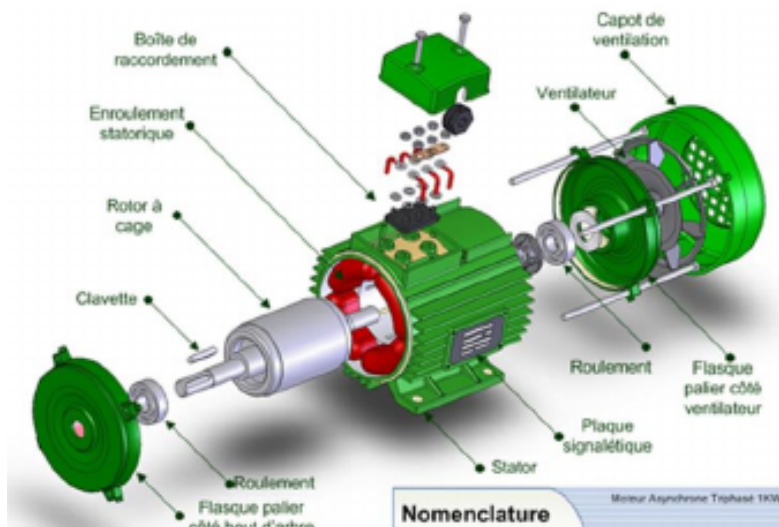


Figure 1.8: Architecture d'un moteur asynchrone

Les moteurs synchrones:

Il y a aussi un rotor et un stator dans ce moteur. Le rotor est équipé d'un aimant permanent ou bobiné, tandis que le stator est bobiné, la rotation du rotor s'effectue à la même vitesse que le champ magnétique. Il génère un couple élevé à basse vitesse et son poids léger, offre un meilleur rapport couple/poids, ce qui le rend idéal pour la conduite.[15].

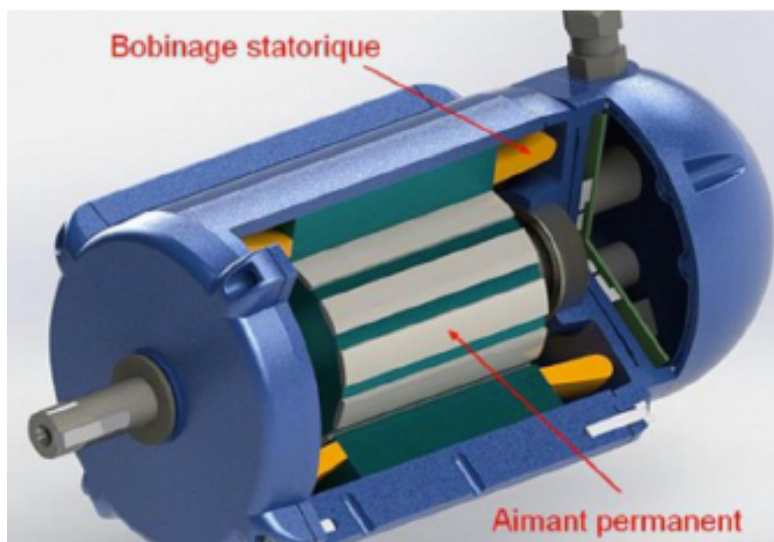


Figure 1.9: Architecture d'un moteur synchrone

1.6 Les batteries de traction des voitures électriques

Puisque le moteur électrique de la voiture a besoin d'électricité pour fonctionner, la batterie s'en charge. La batterie est l'un des éléments essentiels d'une voiture électrique.

1.6.1 Compositions d'un batterie voiture électrique

La batterie lithium-ion fait aujourd'hui office de référence pour les voitures électriques, Ce schéma nous renseigne sur les éléments de base impliqués dans l'installation d'une batterie de voiture électrique [16] :

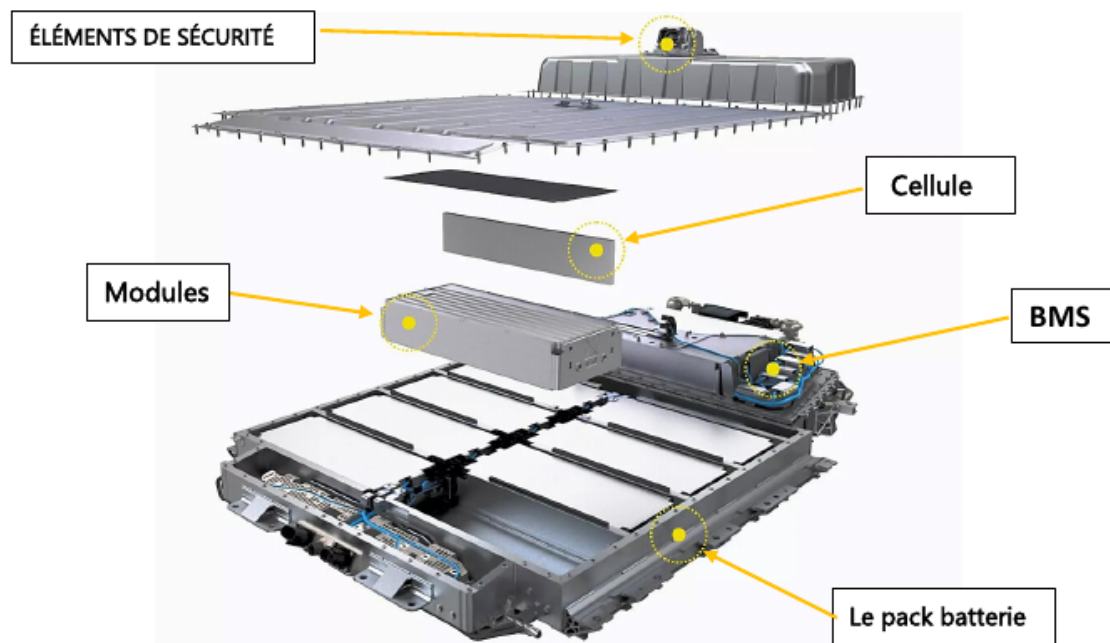


Figure 1.10: Conception de batterie de voiture électrique Renault

Éléments de sécurité: C'est une coque autour de la batterie contre le feu, en cas de dommage ou d'accident.

Cellule : La cellule est le composant principal de la batterie, dont plusieurs centaines sont regroupées au fil des modules. Il est constitué d'électrodes et d'électrolytes, au niveau desquels se produit la réaction chimique qui donne le courant nécessaire au fonctionnement du véhicule.

Modules : La batterie est composée de plusieurs modules connectés entre eux.

Plus le nombre de modules est élevé, plus l'impact sur la taille de la batterie et donc sur son autonomie est important.

BMS : système de gestion de batterie. Il s'agit d'un système électronique qui surveille la température, la tension et la répartition de la charge et de la décharge, afin d'obtenir des performances et une protection appropriée de la batterie.

Le pack batterie : Il présente une structure solide conçue pour protéger les éléments chimiques et électroniques à l'intérieur du véhicule.

1.6.2 Technologies utilisées dans les batteries de véhicules électriques

Les batteries utilisées dans les véhicules subissent différentes technologies chimiques pour leur cellules. Les batteries à base de plomb et d'hydrure métallique de nickel sont considérées comme l'une des batteries les plus anciennes utilisées dans les véhicules et sont actuellement encore utilisées comme source primaire ou secondaire en raison du développement des véhicules et de la dépendance totale à l'électricité, comme les voitures BEV ou secondaire. La technologie chimique des batteries PHEV a changé et est passée à l'utilisation d'éléments lithium-ion en raison de plusieurs facteurs dont les plus importants sont : l'énergie spécifique, la puissance spécifique, le cycle de vie, la sécurité et le coût.

La figure (1.11) montre que caractéristique du lithium-ion peut être conçue de très haute énergie à haute énergie. L'énergie des cellules de haute puissance représente environ 35 % de celle des cellules de haute puissance [17]. Pour les voitures BEV, une cellule à haute énergie est plus utile que les voitures hybrides, dans lesquelles les cellules à haute énergie sont plus importantes. De plus, la forme de la cellule affecte la surface et le volume de la cellule, et affecte donc l'énergie spécifique. Et une force spécifique. Une cellule à haute énergie nécessite un plus grand volume pour stocker plus de charges [18] .

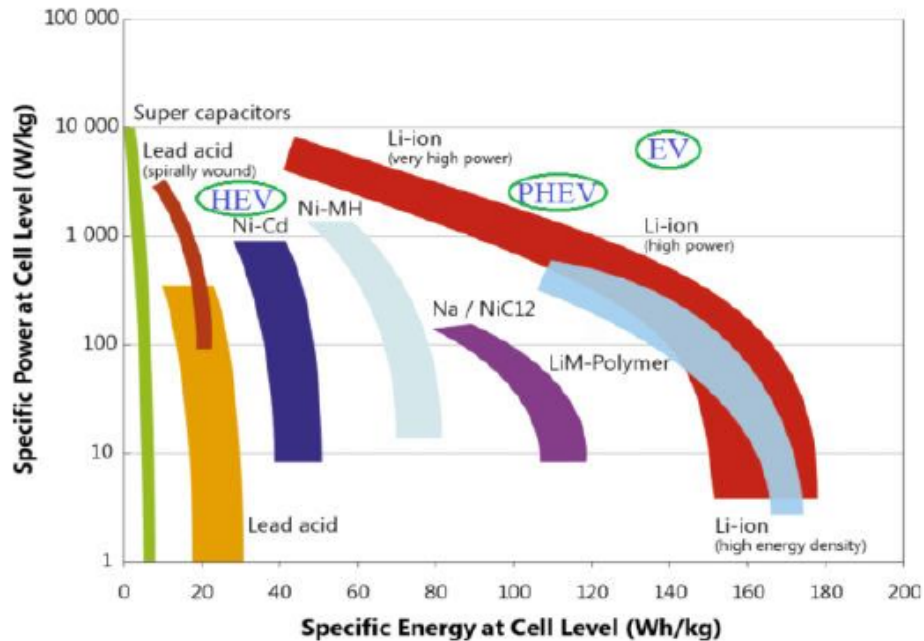


Figure 1.11: Diagramme de Ragone qui présente les principales performances de ces différents couple batterie.

1.7 Niveau de recharge

Les véhicules électriques sont conçus avec différentes technologies et niveaux de charge pour répondre à leurs exigences. Les méthodes de charge peuvent être classées en trois : la charge conductrice, la charge sans fil ou le remplacement de la batterie). Sont classés selon des normes : la norme SAE J1772 comprend trois niveaux 1 à 3 et la norme CEI 61851-1 comprend les modes 1 à 4 [19],[20]. La charge conductive est basée sur la connexion électrique entre le port de charge et la source d'alimentation et suit trois niveaux de charge en fonction du niveau de puissance :

Niveau 1

Le chargeur de niveau 1 utilise une source AC monophasée d'une capacité de 120 volts, qui est utilisée au niveau domestique et ne nécessite aucune infrastructure en raison de ses faibles niveaux de puissance (jusqu'à 1,92 kilowatts) [21],[22]. Il se caractérise par une vitesse de charge plus lente, il convient donc aux charges de nuit et aux longues périodes.

Niveau 2

Il est considéré comme 3 à 5 fois plus rapide que niveau 1 en raison d'une consommation d'énergie plus élevée [23]. Il fonctionne sur 240 volts et fournit des niveaux de puissance allant jusqu'à 19,2 kilowatts. Il charge la batterie de la voiture d'une capacité de 30 à 50 kilowatts par heure en un temps allant de 2 à 3 heures [24]. Des installations spécialisées sont nécessaires pour atteindre les niveaux de niveau 2.

Niveau 3

C'est ce qu'on appelle la DC FAST CHARGE. Les chargeurs de niveau 3 permettent d'atteindre des niveaux de puissance allant jusqu'à 350 kilowatts, de sorte que les chargeurs externes ont un courant continu compris entre 300 et 800 volts de courant continu. Le véhicule est chargé avec un chargeur de niveau 3 de 90 kW, en 0,2 à 0,5 heure [25]. Les connecteurs de charge de niveau 3 comprennent CHAdeMO, les superchargeurs Tesla et CCS Combo 1. En raison de la forte consommation d'énergie, le niveau 3 peut affecter négativement le réseau de distribution pendant les heures de pointe par rapport aux niveau 1 et 2, qui ont peu d'impact [26].

1.8 Les modes de recharge

La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) a défini 4 modes de recharge (IEC-62196 et 61851) qui fonctionnent en courant alternatif et en courant continu [27], où le mode de recharge fait référence au mode de communication entre le véhicule et l'infrastructure.

Mode 1

Le mode 1 représente une charge lente, le VE est connecté directement au réseau AC soit 480 V triphasé, soit 240 V monophasé via une prise ordinaire et le niveau de courant est de 8 A à 16 A selon les pays[28].

Mode 2

Cette situation est considérée comme similaire à la première situation. Ils partagent la même méthode de connexion (prise domestique). La différence entre eux est que ce mode dispose d'un boîtier de commande sur la ligne électrique. Une alimentation AC monophasée ou triphasée peut être utilisée dans ce mode avec une puissance maximale de 15,3 kW et un flux de courant de 32 A[29],[30]. Le boîtier se connecte pendant la période de charge et offre une protection, un contrôle et une vitesse plus élevée. La box peut réagir à tout ce qui est anormal en arrêtant la charge. Les bornes de recharge publiques sont généralement installées en mode 2 et sont capables de faciliter l'intégration dans les réseaux intelligents [31].

Mode 3

Le troisième mode se caractérise par l'utilisation d'un réseau électrique dédié qui permet de fournir une recharge intelligente à la voiture. Il est compatible avec le courant alternatif via une prise de courant standard et se connecte directement au compteur électrique pour éviter la corrosion du réseau électrique domestique. Pendant la période de charge régulée. L'installation d'un boîtier mural permet de réguler la puissance pendant la charge pour s'adapter aux contraintes du réseau. Le mode 3 permet un niveau de puissance plus élevé avec un courant maximum de 250 A qui est utilisé par l'EVSE fixe pour l'intégration au réseau monophasé ou triphasé [32].

Mode 4

Le mode n'est actuellement disponible que sur les bornes de recharge rapide EVSE statiques pour connecter l'alimentation CC au véhicule. Une architecture électrique dédiée est requise pour les fonctions de contrôle, de communication et de protection[33]. Fournit des niveaux de puissance supérieurs à 150 kW avec un courant maximum. A partir de 400 ampères. Le mode 4 coûte cher [34].

1.9 Connecteurs De Charge De Véhicule Électrique

Les connecteurs de recharge des voitures électriques varient selon le fabricant, et les câbles et ports de recharge varient en fonction du niveau de puissance

et du type de courant utilisé. Ils sont souvent connectés à des câbles ou à des adaptateurs qui permettent de combler le fossé avec les méthodes de recharge les plus courantes[35],[36]. Les connecteurs de chargement sont disponibles en alimentation CA ou CC :

1.9.1 Connecteurs de charge AC

Ce sont des chargeurs à vitesse lente qui prennent 6 à 8 heures pour charger un véhicule électrique et en contiennent trois types[37] :






Specifications	Japan	USA	Europe	China	ALL Markets	
Charger type						
	Type 1 (SAE J1772)		Type 2 (Mennekes)	Type 2 (GB/T)		Tesla
	Level 1	Level 2	Mode 1	Mode 2-3	Mode 2	Mode 3
					Mobile connection	Wall connection

Figure 1.12: Différents connecteurs de charge AC

Type 1

Les connecteurs de type 1 fonctionnent avec une connexion monophasée au courant alternatif et suivent les normes SAE J1772. Ils sont répandus au Japon et aux États-Unis d'Amérique, fournissant des niveaux de puissance maximum de 19,2 kW à 120 volts ou 240 volts avec un courant maximum de 80 Ampères [37].

Type 2

Les connecteurs de type 2 sont utilisés dans tous les pays qui prennent en charge la charge monophasée et triphasée conformément aux normes CEI 61851-1 [38]. Les connecteurs de type 2 – Mennekes sont utilisés en Europe et les connecteurs de type 2 – GB/T sont utilisés en Chine. Le connecteur prend en charge les modes 2 et 3. Pour charger avec une capacité supérieure à celle du premier type, jusqu'à 22 kilowatts. Le câble détachable du deuxième type présent dans la station peut charger les véhicules du premier type en utilisant le câble approprié [39],[40].

Type 3

Ce type est utilisé en France et en Italie et comprend les types 3A et 3C et ne diffère que par les formats physiques. Les obturateurs de type 3 ou fiches scame

sont conçus selon les normes CEI 62196-2 qui permettent une charge monophasée et triphasée[31].

Connecteur Tesla

Tesla propose des connecteurs de charge AC personnalisés pour ses véhicules avec plusieurs niveaux de charge[31].

1.9.2 Connecteurs de charge DC

Les chargeurs DC sont des chargeurs ultra-rapides avec une plage de puissance allant jusqu'à 400 kW, suivant les normes du système de courant combiné (CCS) et la norme CEI 62196-3 qui définit quatre types de configurations [41]:

Specifications	Japan	USA	Europe	China	ALL Markets	
Charger type						
	CHAdeMO	CCS - Combo 1	CCS - Combo 2	GB/T	Tesla Supercharger	CHAdeMO

Figure 1.13: Différents connecteurs de charge DC

Configuration EE (CCS-Combo 1)

Une version étendue des connecteurs de type 1 avec un connecteur CC supplémentaire pour permettre une charge haute puissance. Utilisé aux États-Unis[31].

Configuration EE (CCS-Combo 2)

Également une version étendue du connecteur de type 2 avec un connecteur CC supplémentaire pour permettre une charge haute puissance. Il est utilisé en Europe.

Les connecteurs CCS peuvent supporter des niveaux de puissance aussi élevés que 350 kW[31].

Configuration BB (GB/T)

Utilisée en Chine et suit les normes GB/T 20234-3. Résiste à des puissances plus élevées allant jusqu'à 237 kilowatts avec une tension maximale de 1 000 volts

et un courant de 400 ampère[31]s.

Configuration AA (CHAdeMO)

Elle a été développée au Japon et est compétitive avec les normes CCS et GB/T. Elle prend en charge une charge ultra-rapide jusqu'à 400 kilowatts avec une tension maximale de 1 000 volts et un courant de 400 ampères [42].

Tesla Supercharger

Il s'agit d'une version destinée aux voitures Tesla d'une capacité maximale de 250 kilowatts[31].

conclusion

Dans le premier chapitre, nous avons consacré la discussion à la voiture électrique. Nous en avons donné une définition, un aperçu historique et ses différents types. Nous sommes passés directement aux éléments les plus élémentaires, à savoir le moteur et la batterie. nous avons mentionné les niveaux et les modes de recharge qui sont disponibles au niveau de l'infrastructure dans les soi-disant bornes de recharge qui Le prochain chapitre y portera son attention.

CHAPITRE 2

2

Systeme Énergétique pour borne de Recharge Hybrides pour Véhicules Électriques

2.1 Introduction

L'une des solutions actuellement proposées pour éviter la pénurie d'approvisionnement en énergie utilisée pour recharger les voitures électriques est de fournir des bornes de recharge hybrides, considérées comme l'une des infrastructures permettant de répondre aux besoins des voitures sans nuire à l'approvisionnement énergétique. L'énergie photovoltaïque est considérée comme la technologie la plus recherchée et la plus utilisée en raison de ses avantages tels qu'un coût bon marché, un rendement élevé, un entretien minimal et une grande cohérence . La production d'électricité à l'aide de panneaux solaires est liée à la disponibilité du soleil et température de l'air. Afin d'éviter tout problème au niveau du réseau en l'absence de l'énergie solaires, l'utilisation de dispositifs de stockage d'énergie électrique est nécessaire[43].

Au niveau de l'Algérie, compte tenu des défis auxquels elle est confrontée en matière d'infrastructures, se fixer pour objectif de développer des stations de recharge électriques hybrides est une étape vitale. Les abondantes ressources d'énergie solaire de l'Algérie peuvent être exploitées pour recharger les voitures électriques dans des conditions idéales. Parallèlement, le réseau Sonelgaz peut être utilisé en cas d'absence de soleil ou en cas d'urgence. De plus, les parcs de batteries peuvent être utilisés comme troisième source de charge si nécessaire, garantissant ainsi que le processus de charge est durable et fournit de l'énergie dans toutes les conditions et à tout moment.



Figure 2.1: borne de recharge pour véhicules électriques Tesla de nouvelle génération

2.2 Borne de recharge hybride pour véhicule électrique

C'est un lieu qui contient un ensemble d'équipements nécessaires à l'alimentation en énergie des voitures électriques (une source externe d'électricité). Le terme hybride fait référence à l'utilisation de plus d'une source d'énergie, car la diversification des sources d'énergie est considérée comme une étape positive pour réduire la pression causée par la forte consommation des voitures électriques. Les différentes sources d'énergie et les opérations de recharge sont gérées via un centre de contrôle avancé, qui organise le processus de recharge en fonction des données disponibles sur l'état du réseau, la météo, les exigences du véhicule, etc. Le schéma suivant montre une infrastructure comprenant une borne de recharge hybride, montrant la répartition des différentes sources d'énergie pour fournir une couverture énergétique suffisante pour recharger une voiture électrique.

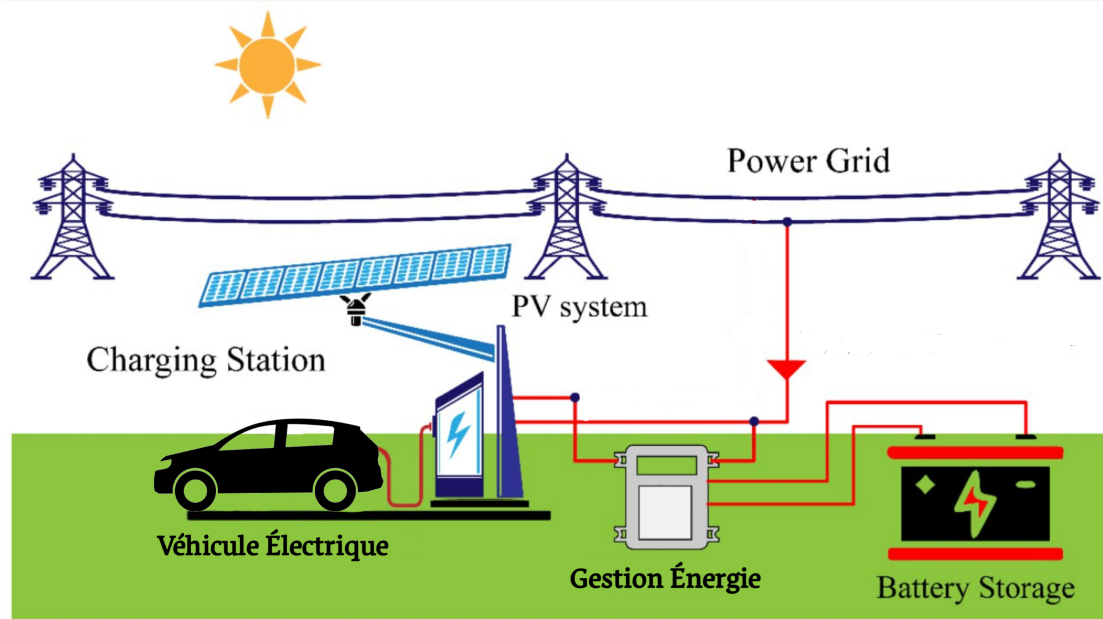


Figure 2.2: Conception d'une borne de recharge hybride pour véhicules électriques

2.3 Photovoltaïque

2.3.1 Introduction

L'énergie solaire photovoltaïque provient de la transformation directe d'une partie du rayonnement solaire en énergie électrique.

Cette conversion d'énergie s'effectue par le biais d'une cellule dite photovoltaïque (PV) basée sur un phénomène physique appelé effet photovoltaïque qui consiste à produire une force électromotrice lorsque la surface de cette cellule est exposée à la lumière.

2.3.2 Cellule photovoltaïque

Une cellule photovoltaïque est un capteur constitué d'un matériau semi-conducteur (par exemple le silicium) absorbant l'énergie lumineuse et la transformant directement en courant électrique

2.3.3 Fonctionnement d'une cellule photovoltaïque

Les cellules photovoltaïques sont fabriquées avec des matériaux semi-conducteurs principalement produits à partir de silicium. Ces matériaux émettent des électrons lorsqu'ils sont soumis à l'action de la lumière. Ceux-ci sont éjectés du matériau et ils circulent dans un circuit fermé, produisant ainsi du courant électrique[44].

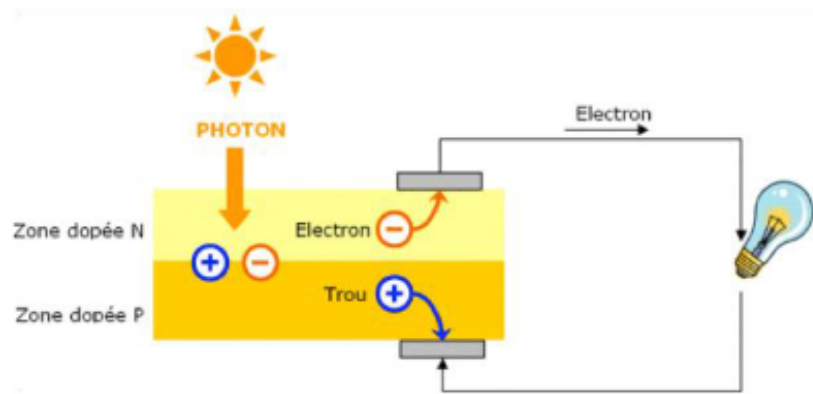


Figure 2.3: fonctionnement d'une cellule photovoltaïque.

2.3.4 Influence de l'association des modules PV

La puissance électrique produite par le module individuel est directement proportionnelle au nombre de ses cellules. Afin d'augmenter la production de puissance, les modules sont assemblés en série et en parallèle afin de créer un GPV qui contrôle la puissance nécessaire à la charge.

l'association série

L'assemblage en série des modules produit une tension égale à la somme des tensions individuelles et un courant égal à celui d'un module unique[45]. Les figures ci-dessous illustrent les caractéristiques d'un ensemble de N_s modules solaires en série de notre GPV :

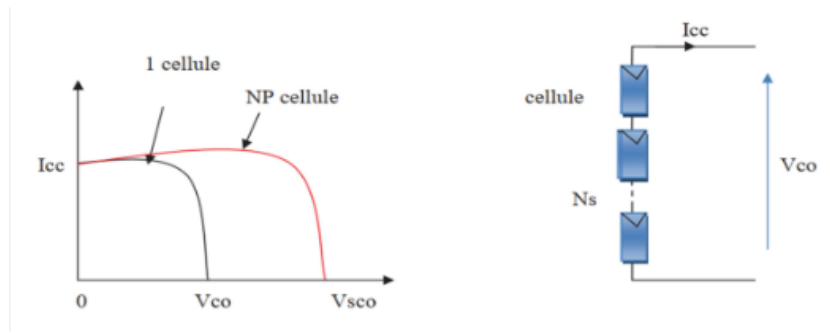


Figure 2.4: Caractéristique de nombre des modules en série

l'association parallèle

La mise en parallèle des photopiles produit un courant équivalent à la somme des courants individuels et une tension équivalente à celle d'un seul module[45]. Les figures suivantes représentent la caractéristique d'un groupe de N_p modules solaires en parallèle de notre GPV :

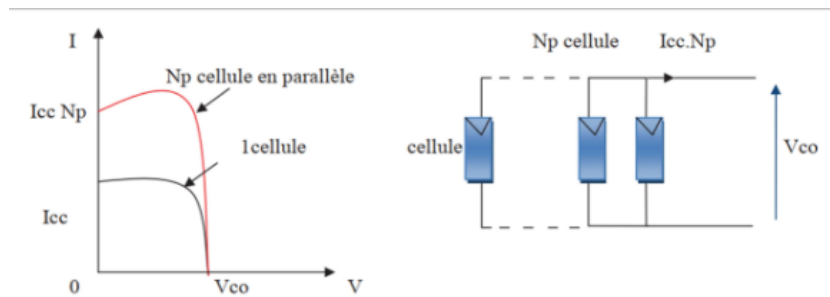


Figure 2.5: Caractéristique de nombre des modules en parallèle

l'association mixte (série + parallèle)

Pour avoir une satisfaction en courant et en tension relative à la charge, on est obligé d'utiliser un groupement mixte, c'est à dire Série/Parallèle[45]. La figure ci-dessous illustre la caractéristique d'un ensemble de modules solaires $N_p \times N_s$ de notre GPV :

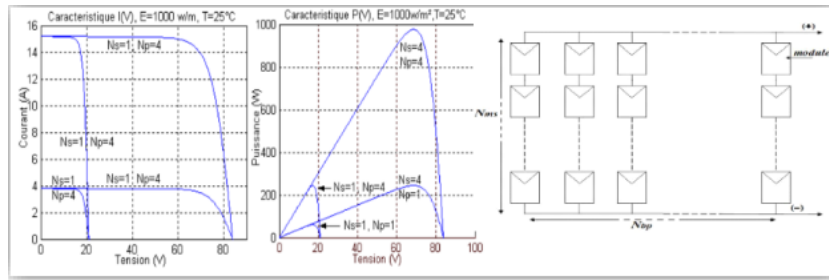


Figure 2.6: Caractéristique de nombre des modules mixte (Série + Parallèle)

2.3.5 L'algorithme MPPT

La technique MPPT est une commande associée à un étage d'adaptation permettant de faire fonctionner un générateur électrique non linéaire de façon à produire en permanence le maximum de sa puissance. Les systèmes MPPT sont généralement associés avec le générateur Photovoltaïque ou encore avec les générateurs éoliens. Un contrôleur MPPT permet alors de piloter le convertisseur statique reliant la charge et le panneau photovoltaïque, de manière à fournir en permanence le maximum de puissance à la charge.

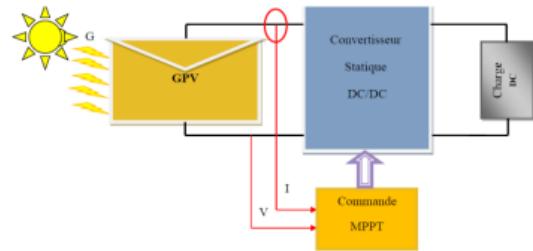


Figure 2.7: Schéma simple de MPPT

Principe MPPT

La commande MPPT, en combinaison avec un étage intermédiaire d'adaptation, est conçue pour optimiser la production d'un générateur photovoltaïque en lui permettant de fonctionner à pleine puissance en tout temps, indépendamment des conditions météorologiques telles que la température et l'éclairement. En ajustant en permanence le point de fonctionnement du système au maximum de sa puissance (V_{mpp} , I_{mpp}), la commande du convertisseur assure une efficacité maximale. L'adaptation d'impédance est généralement réalisée à l'aide d'un convertisseur DC-DC, comme illustré dans la figure.

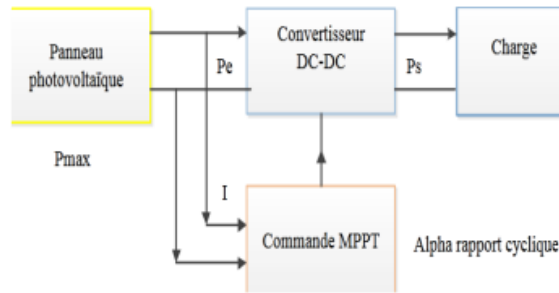


Figure 2.8: Schéma simple de MPPT

Diffèrent technique MPPT:

Parmi les algorithmes les plus populaires figurent les suivants :

Méthode perturbation et observation (P&O)

C'est la meilleure méthode en raison de sa simplicité. Il suffit d'une boucle de retour et de prendre peu de mesures. On perturbe intentionnellement la tension aux bornes des panneaux d'une faible amplitude (augmentée ou diminuée), puis on compare la puissance à celle obtenue avant la perturbation. En particulier, si la perturbation augmente la puissance aux bornes des panneaux, la suivante est effectuée dans la même direction (c'est-à-dire que le point de fonctionnement est situé à gauche du MPP). En revanche, si la force diminue, la nouvelle perturbation est effectuée dans le sens contraire.

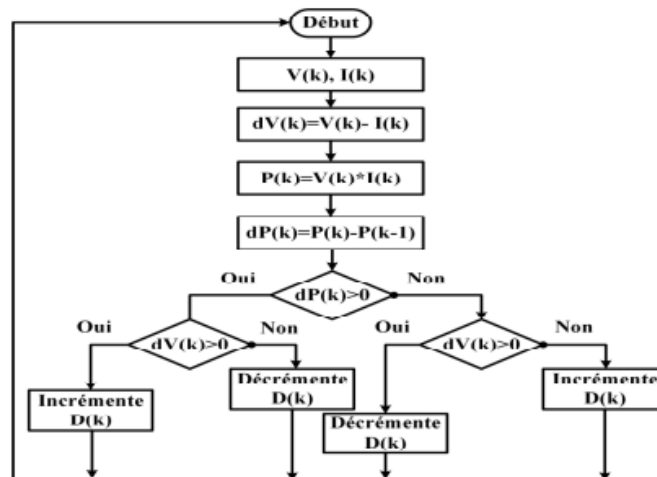


Figure 2.9: Algorithme P&O de base

Méthode "Incrément de conductance"

Pour cet algorithme, la tension est augmentée ou diminuée jusqu'à ce que le point

de puissance maximale (MPP) soit atteint en fonction du résultat de la comparaison de la conductivité incrémentale avec la conductivité instantanée dans le système PV.

Contrairement à l'algorithme P&O, la tension reste constante une fois le MPP atteint[46].

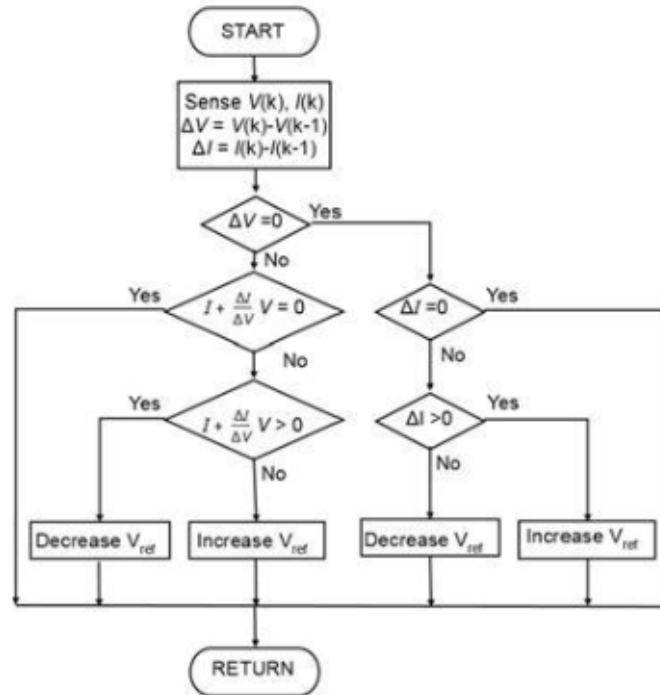


Figure 2.10: Algorithme de conductance incrémentale

Méthode Fractional open-circuit voltage

Le principe de cet algorithme est que la tension maximale du point de puissance est toujours une fraction constante de la tension en circuit ouvert. Au niveau du générateur photovoltaïque, la tension en circuit ouvert des cellules est mesurée et utilisée comme entrée dans le contrôleur[46].

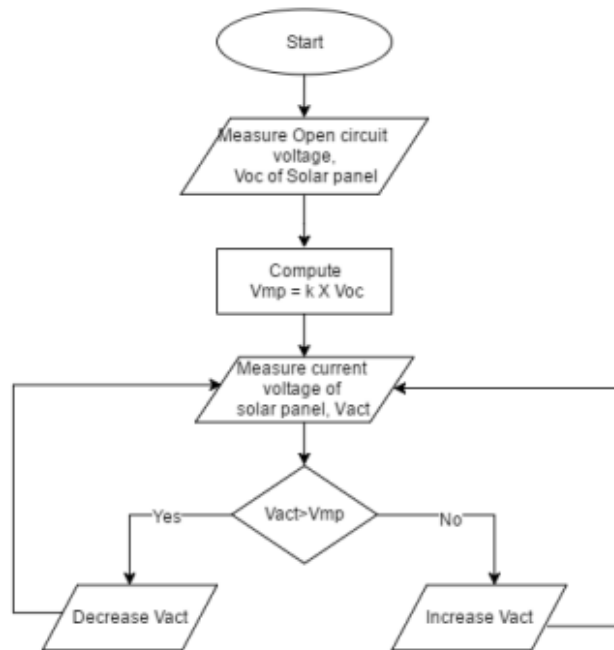


Figure 2.11: Organigramme de l’algorithme MPPT conventionnel basé sur la tension en circuit ouvert fractionné

2.4 Les Hacheur

Les hacheurs sont des convertisseurs à valeur constante qui convertissent une tension continue de valeur fixe en une autre tension continue réglable. C’est l’équivalent d’un adaptateur secteur. Ils sont aussi présents dans toutes les installations utilisant l’énergie solaire. Ils offrent la possibilité de modifier grandement la tension d’entrée.

Le schéma de l’hacheur est montré dans la figure ci-dessous:

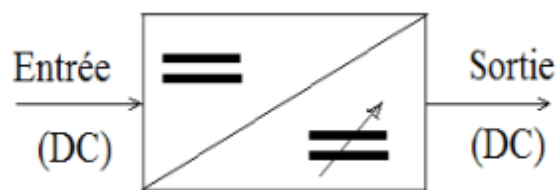


Figure 2.12: Schéma principe d’un Hacheur

L’hacheur ajuste la puissance entre la source CC et la charge qui peut être de nature capacitive ou inductive. Il peut s’agir d’un transistor (faible puissance) ou

d'un thyristor (puissance élevée).

L'hacheur ajuste la puissance entre la source CC et la charge. Cette source et cette charge peuvent être de nature capacitive (source de tension) ou de nature inductive (source de courant).

La durée ton de fermeture de l'interrupteur et la période de commutation T s'appelle le rapport cyclique ci-dessous :

$$\alpha = \tau/T$$

Où;

α : est le rapport cyclique.

τ : est le temps pendant lequel le signal est à l'état actif sur une période.

T : est la période du signal.

2.4.1 Type des hacheurs

On a deux types de hacheurs réversibles et non-réversibles. La réversibilité permet d'apporter certains avantages comme la protection des transistors de puissance de l'hacheur, le fonctionnement à courant constant d'une petite machine à courant continu, le freinage de cette machine avec récupération d'énergie[47].

I-Les hacheurs non-réversibles:

Hacheur dévolteur (BUCK)

On retrouve fréquemment le convertisseur dévolteur sous le nom d'hacheur Buck ou hacheur série. Le schéma de principe du convertisseur dévolteur est illustré dans la figure. Elle est généralement utilisée pour transformer sa tension d'entrée en une tension de sortie plus faible[48].

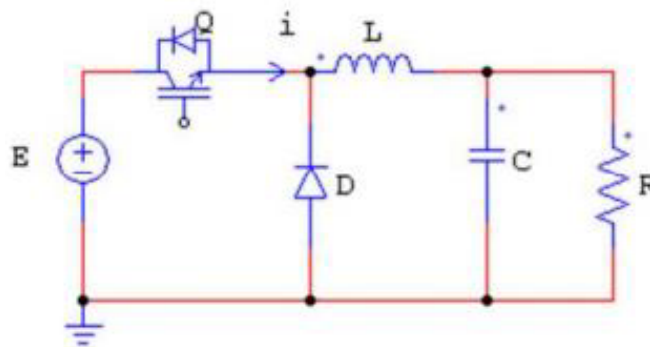


Figure 2.13: Schéma simple de convertisseur BUCK.

Hacheur survolteur (BOOST)

Un convertisseur survolteur, également appelé « boost » ou hacheur parallèle, a un schéma de principe fondamental similaire à celui de la figure. Elle est généralement utilisée pour transformer sa tension d'entrée en une tension de sortie plus élevée.

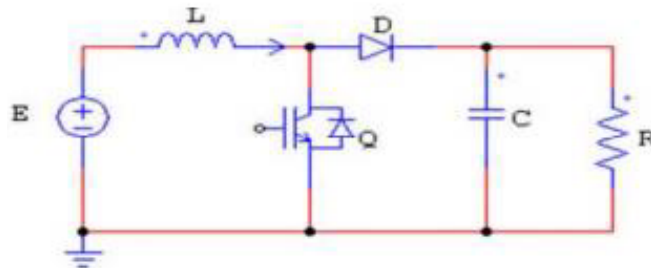


Figure 2.14: Schéma simple de convertisseur BOOST.

I-Les hacheurs réversibles:

hacheurs réversibles en courant)

C'est uniquement le courant de charge qui peut prendre des valeurs positives ou négatives[49].

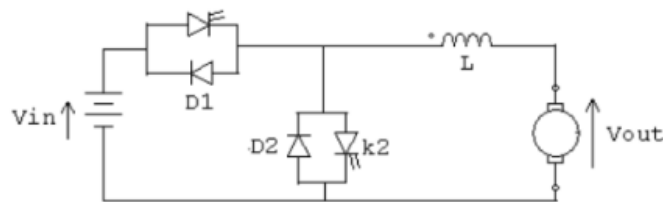


Figure 2.15: Schéma d'un hacheur réversible en courant.

hacheurs réversibles en tension)

C'est uniquement la tension appliquée à la charge qui peut prendre des valeurs positives ou négatives[49].

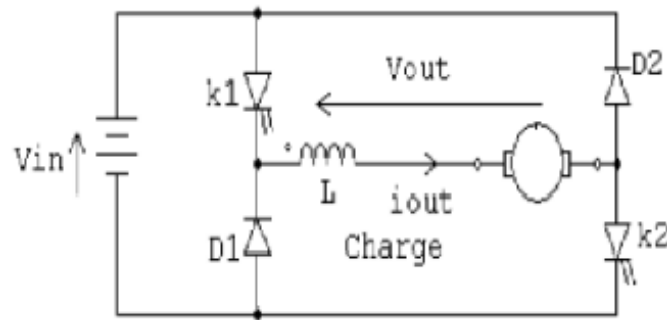


Figure 2.16: Schéma d'un hacheur réversibles en tension.

hacheurs réversibles en courant et en tension)

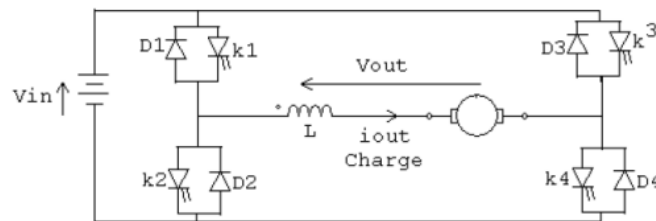


Figure 2.17: Schéma simple de hacheur réversible en tension et en courant.

2.5 Stockage énergie

2.5.1 Stockage énergie par la batterie

Introduction

Un système de batterie permet de transformer de l'énergie électrique en une énergie potentielle chimique pendant la phase de charge et de transformer cette énergie potentielle chimique en énergie électrique lors de la décharge. Cette énergie est accumulée ou restituée grâce à la modification chimique d'un électrolyte.

L'ensemble des cellules électrochimiques constituant une batterie est capable de stocker de l'énergie électrique sous forme chimique, puis de la restituer en partie par la suite grâce à la réversibilité des réactions impliquées. Ces réactions impliquent la désoxydation et la réduction (oxydoréductions en abrégé, c'est-à-dire la perte ou le gain d'un ou plusieurs électrons) au niveau des électrodes, permettant ainsi au courant de circuler sous forme d'ions dans l'électrolyte et sous forme d'électrons dans le circuit connecté à la batterie[50].

Le schéma de principe de fonctionnement d'une batterie est le suivant[51]:

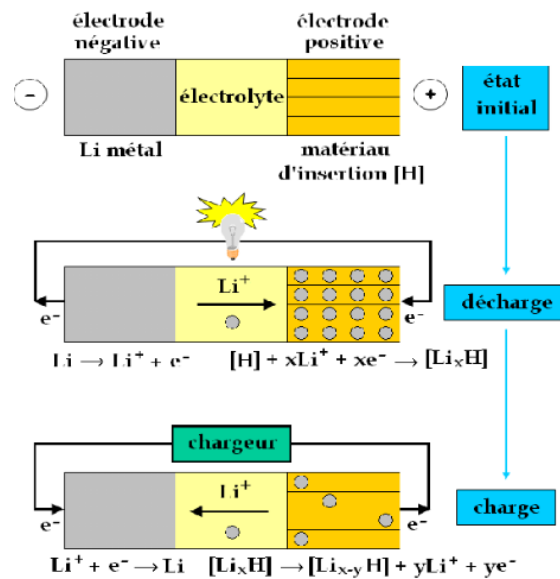


Figure 2.18: Le schéma de principe de fonctionnement d'une batterie

Caractéristiques générales des batteries

Les batteries utilisées dans les installations solaires doivent posséder les caractéristiques suivantes :

- Ils sont robustes et nécessitent peu d'entretien.
- Il a une bonne efficacité de charge et de décharge et une faible résistance interne.
- Avoir une grande réserve d'électrolyte, un faible taux d'autodécharge et une longue durée de vie.
- Il est adapté aux cycles (par cycle, on entend la décharge de la batterie, quelle que soit la profondeur de décharge, suivie d'une recharge).

Type des batterie de stockage

La chimie utilisée au niveau de la batterie varie d'un type à l'autre, et chaque chimie présente des avantages dans certains domaines, mais présente certains inconvénients dans d'autres domaines. La figure suivante montre la chimie de batterie la plus importante utilisée[52].

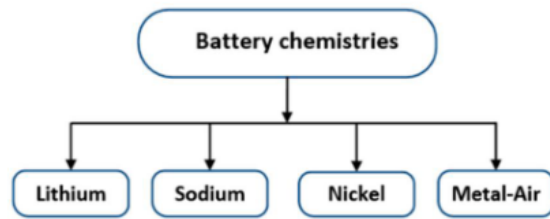


Figure 2.19: Chimie générale des batteries pour les BESS

Les batteries au plomb, au lithium-ion, au nickel-cadmium, au nickel-hydrure métallique, au sodium-soufre et au vanadium font partie des technologies utilisées dans le domaine du stockage d'énergie et sont considérées comme adaptées à différentes applications, tandis que d'autres ont une application spécifique dans laquelle elles ont s'est avéré efficace, mais seules quelques technologies peuvent résister à une mise en œuvre dans des conditions difficiles. Le tableau suivant montre les différences plus importantes entre ces technologies[53].

Caractéristique	Pb-acid	Li-ion	NiCd	NiMH	NaS	VRFB
Énergie spécifique [Wh/kg]	25-50	80-250	30-80	40-110	150-240	10-130
Puissance spécifique [W/kg]	150-400	200-2000	80-300	200-300	90-230	50-150
Densité énergétique [kWh/m ³]	25-90	95-500	15-150	40-300	150-350	10-33
Densité de puissance [kW/m ³]	10-400	50-800	40-140	10-600	1.2-50	2.5-33
Coût énergétique [€/kWh]	40-170	500-2100	680-1300	170-640	250-420	130-850
Coût de l'énergie [€/kW]	250-500	1000-3400	420-1300	200-470	850-2500	500-1300
Durée de vie [années]	2-15	5-15	10-20	2-15	10-15	5-15
Cycles de vie [cycles]	250-2000	100-10000	1000-5000	300-1800	2500-40000	10000-16000
Tension de cellule [V]	2-2.1	2.5-5	1.2-1.3	1.2-1.35	1.8-2.71	1.2-1.4
Efficacité [%]	63-90	75-97	60-90	50-80	75-90	75-90

Table 2.1: les différences technologies des batteries

2.5.2 Stockage énergie par Super condensateur

Un supercondensateur (également appelé supercondensateur ou condensateur double couche) est un dispositif qui conserve l'énergie de manière électrostatique en polarisant une solution électrolytique. Grâce aux supercondensateurs, il est possible d'obtenir des capacités surfaciques élevées et donc des valeurs de capacité très élevées. Cela fait des supercondensateurs de potentiels éléments de stockage supplémentaires. Un super condensateur peut être schématisés par deux capacités représentatives des Charges stockées connectées par le biais d'une résistance associée à l'électrolyte[54].

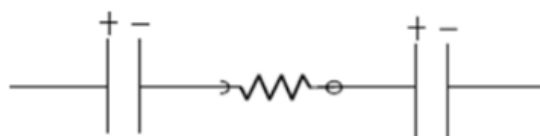


Figure 2.20: Schéma Electrique d'un super condensateur

Structure et fonctionnement des super condensateurs:

La structure primaire du supercondensateur est constituée de collecteurs de courant en aluminium, qui sont des électrodes généralement constituées de charbon actif imprégné d'un électrolyte organique ou aqueux. Une entretoise est insérée entre les deux électrodes pour les isoler. L'assemblage s'effectue comme pour les condensateurs classiques[55].

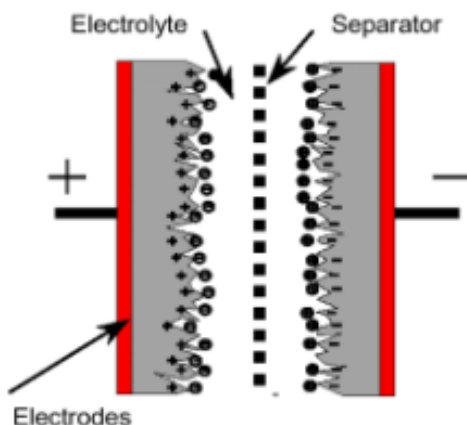


Figure 2.21: Structure interne d'un super condensateur

Principe de fonctionnement des super condensateurs:

Le principe général de fonctionnement des supercondensateurs repose sur la formation d'une double couche électrochimique à l'interface de l'électrolyte et de l'électrode polarisable de grande surface spécifique. L'application d'une différence de potentiel sur l'ensemble du dispositif entraîne le stockage de charges électrostatiques aux interfaces électriques et électrolytiques. Le principe de fonctionnement peut être divisé selon les quatre états différents du composant (décharge, charge, charge, décharge)[56].

a- état « en charge » :

Lorsqu'une différence de potentiel est appliquée aux bornes du supercondensateur,

la répartition des charges aux deux interfaces sera modifiée. L'un a un potentiel de charge nul, tandis que l'autre a une accumulation de charge plus importante. Il y a donc une augmentation du potentiel.

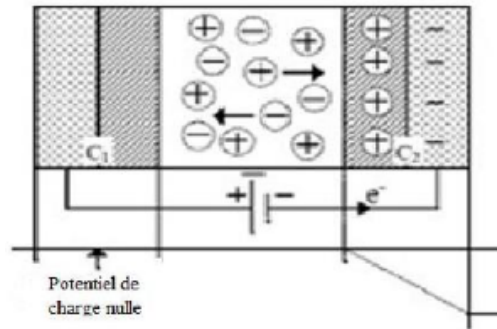


Figure 2.22: Schéma d'un principe de charge de super condensateur

b- état « en décharge » :

En décharge et sans alimentation électrique, une charge accumulée est produite automatiquement à l'interface entre l'électrode et l'électrolyte, que ce soit du côté de l'électrode (Q_{el}) ou du côté de l'électrolyte (Q_{ion}). Q_{el} et Q_{ion} sont respectivement les charges électroniques et ioniques par unité de surface. Il impose la condition de neutralité électronique $q_{el} = -q_{ion}$. Chaque interface présente alors une probabilité, appelée probabilité d'abandon. Le signe et l'amplitude de ce potentiel sont spécifiques à chaque couple électrode/électrolyte. Cette accumulation de charges correspond à une double couche électrochimique (quelques nanomètres d'épaisseur).

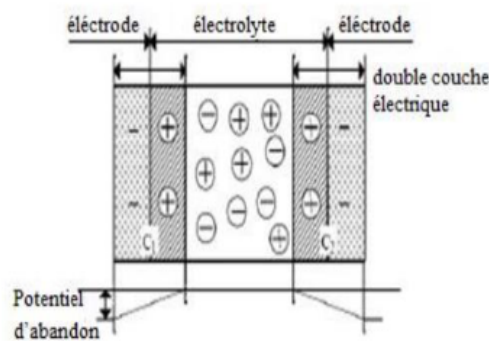


Figure 2.23: Schéma d'un principe de décharge de super condensateur

2.6 Réseau électrique

2.6.1 Définition

Il s'agit des lignes électriques et des transformateurs qui permettent de transmettre l'énergie électrique des centres de production aux consommateurs, et tout cela sous le nom d'infrastructure[57].

2.6.2 Type des réseau

Le nom du réseau varie en fonction de la valeur de la tension qui y circule, il en existe différents types :

Le réseau haute tension, destiné au transport et à la distribution, est divisé en deux parties :

Réseau haute tension A : Il est utilisé pour la distribution au niveau local en moyenne tension (rayon de 10 à 20 km autour du poste source).

Réseau Haute Tension B : Il permet de transférer l'énergie du niveau national dans les réseaux 400 kV vers le niveau régional dans les réseaux 90 ou 63 kV.

Réseau basse tension : Ce sont des lignes de moins de 1 kilowatt, utilisées pour distribuer l'électricité dans les quartiers ou les communes[58].

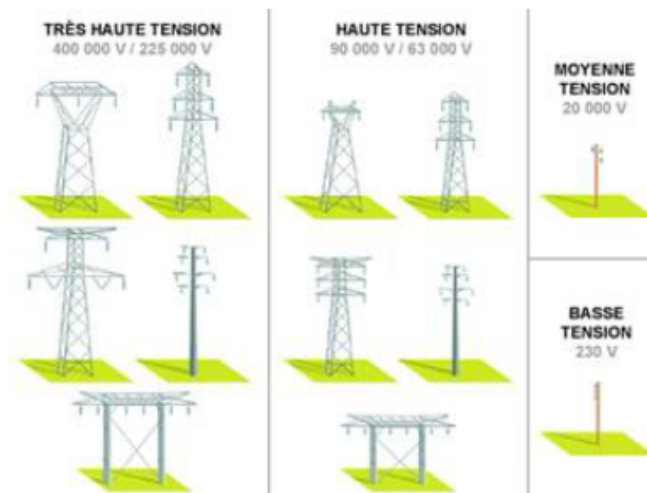


Figure 2.24: Différentes lignes électriques et pylônes électriques

2.6.3 Description des réseaux

Réseau de transport

Il s'agit du réseau destiné au transport de l'énergie depuis les centres de production (grandes centrales électriques d'une capacité > 300 MW) vers les centres de consommation, qui sont pour la plupart aériens et souterrains dans ou à proximité des villes.

Réseau de répartition

L'objectif de ce réseau est de transférer l'électricité du réseau de transport vers les principaux centres de consommation publics et privés, permettant aux particuliers ayant une forte consommation, soit plus de 10 MVA, d'en bénéficier directement.

Réseau de distribution

Les postes de transformation reçoivent la moyenne tension provenant des postes de distribution et réduisent la tension électrique à une valeur adaptée au réseau général de distribution[59].

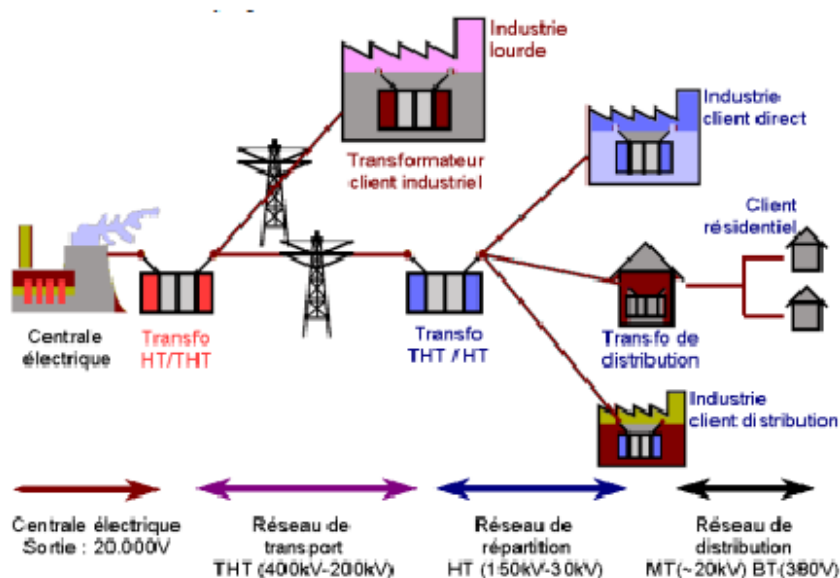


Figure 2.25: Transport et distribution de l'électricité

2.6.4 Le redresseur

Un redresseur ou convertisseur AC-DC est un dispositif qui convertit le courant alternatif en courant continu pour faire fonctionner des charges de type DC. Les redresseurs sont principalement constitués de diodes et de thyristors. Ces derniers sont utilisés lorsque des quantités électriques variables sont nécessaires, en général la tension est constante[60].

Fonctionnement d'un redresseur

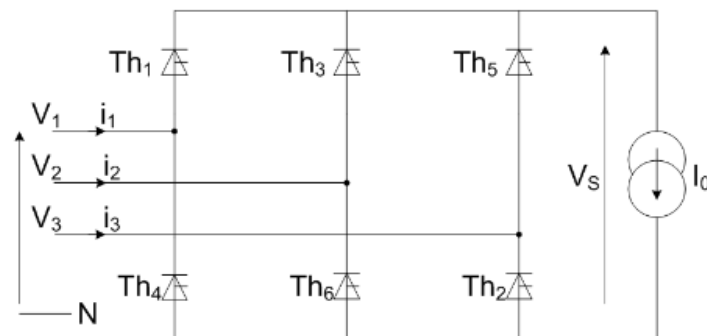


Figure 2.26: Redresseur triphasé double alternance thyristor

- Pendant l'intervalle $(30 + \alpha)$ à $(90 + \alpha)$, T1 et T6 conduisent ensemble & la tension de charge de sortie est égale à V_{ac} .
- T2 est déclenché à $wt = (90 + \alpha)$, T6, s'éteint naturellement car il est polarisé en inverse dès que T2 est déclenché. Pendant l'intervalle $(90 + \alpha)$ à $(150 + \alpha)$, T1 et T2 conduisent ensemble et la tension de charge de sortie égale à V_{bc} .
- T3 est déclenché à $wt = (150 + \alpha)$, T1 s'éteint naturellement car il est polarisé en inverse dès que T3 est déclenché. Pendant l'intervalle $(150 + \alpha)$ à $(210 + \alpha)$, T2 et T3 conduisent ensemble & la tension de charge de sortie égale à V_{ba} .
- T4 est déclenché à $wt = (210 + \alpha)$, T2 s'éteint naturellement car il est polarisé en inverse dès que T4 est déclenché. Pendant l'intervalle $(210 + \alpha)$ à $(270 + \alpha)$, T3 et T4 conduisent ensemble et la tension de charge de sortie égale à V_{ca} .
- T5 est déclenché à $wt = (270 + \alpha)$, T3 s'éteint naturellement car il est polarisé en inverse dès que T5 est déclenché. Pendant l'intervalle $(270 + \alpha)$ à $(330 + \alpha)$, T4 et T5 conduisent ensemble et la tension de charge de sortie égale V_{cb} .
- T6 est déclenché à $wt = (330 + \alpha)$, T4 s'éteint naturellement car il est polarisé en inverse dès que T est déclenché. Pendant l'intervalle $(330 + \alpha)$ à $(390 + \alpha)$, T5 et T6 conduisent ensemble et la tension de charge de sortie égale à V_{ab} [61].

L'image ci-dessous résume ce que nous avons mentionné :

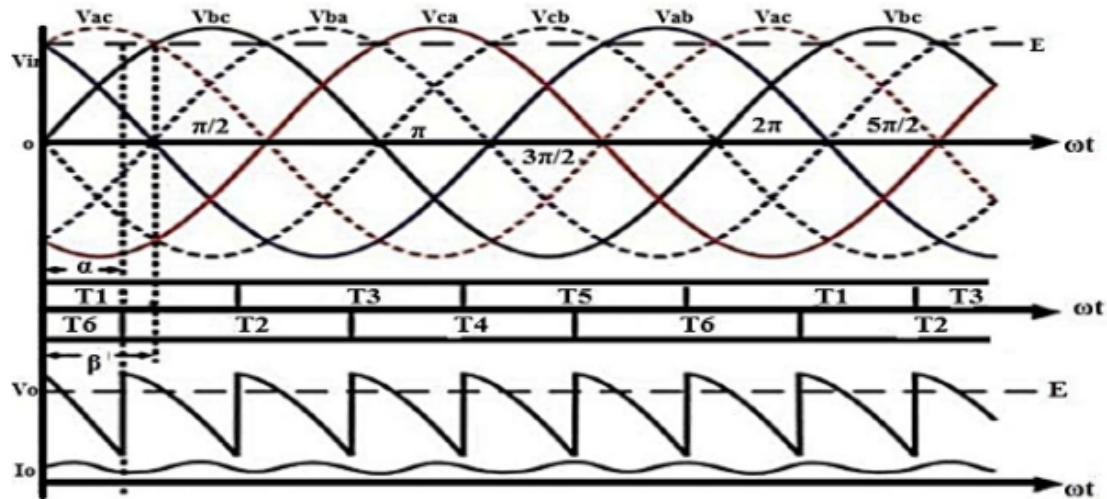


Figure 2.27: Forme d'onde d'entrée et de sortie et de sortie

conclusion

Dans ce chapitre, nous avons donné un aperçu de ce que sont les bornes de recharge, outre l'idée de leur hybridation. Nous avons discuté du fait que la meilleure énergie pouvant être utilisée comme source secondaire est l'énergie solaire. Nous avons promu l'idée d'utiliser l'énergie solaire en raison de son efficacité et de la situation stratégique de l'Algérie, qui facilite son utilisation. Nous avons directement abordé certains des éléments énergétiques les plus importants utilisés à leur niveau, à travers leur définition et leur principe de fonctionnement.

CHAPITRE 3

3

Présentation et simulation borne de recharge

3.1 Introduction

Ce travail porte sur la réalisation d'une simulation grossière d'une borne de recharge hybride pour recharger une voiture électrique. Nous gérons également les différentes sources d'énergie utilisées comme le montre la figure ci-dessous. Le principe utilisé lors de cette simulation est de s'appuyer uniquement sur l'énergie solaire pour recharger la voiture électrique et passer à une autre source en cas de dysfonctionnement au niveau de la source précédente.

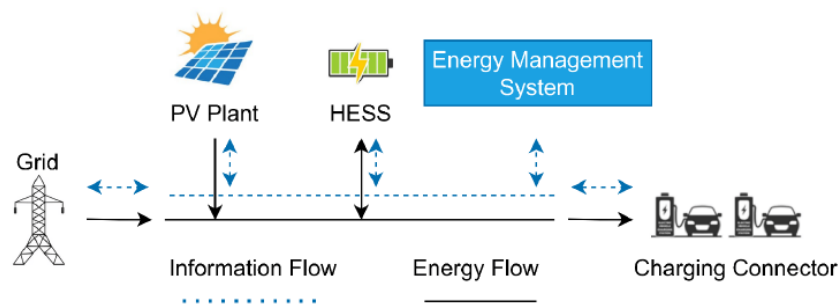


Figure 3.1: Architecture globale de la borne de recharge

3.2 Conception globale du système

3.2.1 système photovoltaïque

Dans cette simulation au niveau du module photovoltaïque, nous avons utilisé des cellules photovoltaïques polycristallines Soltech 1STH-215-P, disposées 1 x 5 (1 série de modules : 5 chaînes parallèles).

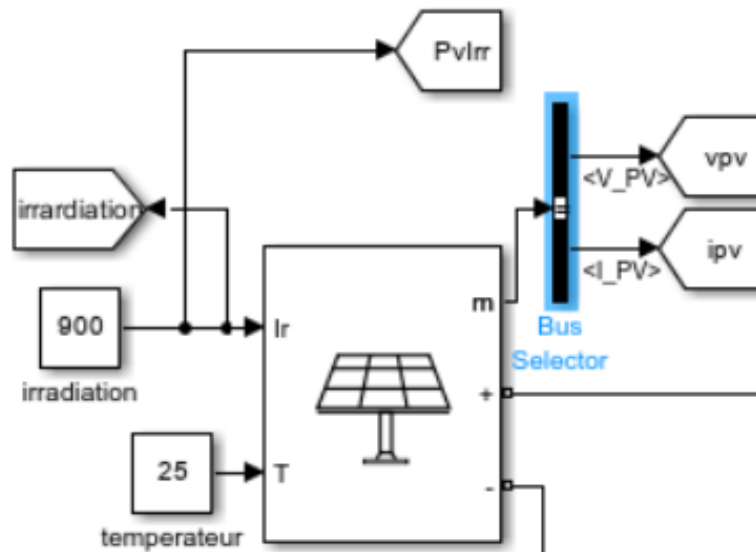


Figure 3.2: schéma fonctionnel du module pv sur matlab/simulink

Paramètre	Valeur
Cellules par module (Ncell)	60
Tension en circuit ouvert Voc (V)	36.3
Courant de court-circuit Isc (A)	7.84
Tension au point de puissance maximale Vmp (V)	29
Courant au point de puissance maximale Imp (A)	7.35
Coefficient de température de COV (%/deg.C)	-0.36099
Coefficient de température de Isc (%/deg.C)	0.102
Puissance maximale (W)	213.15

Table 3.1: Les caractéristiques du module photovoltaïque

Notre objectif est de produire une puissance d'environ 1 kilowatt. Pour ce faire, nous avons simulé les changements de courant et de puissance dans différentes

conditions :

Le premier cas est que l'éclairement est constant

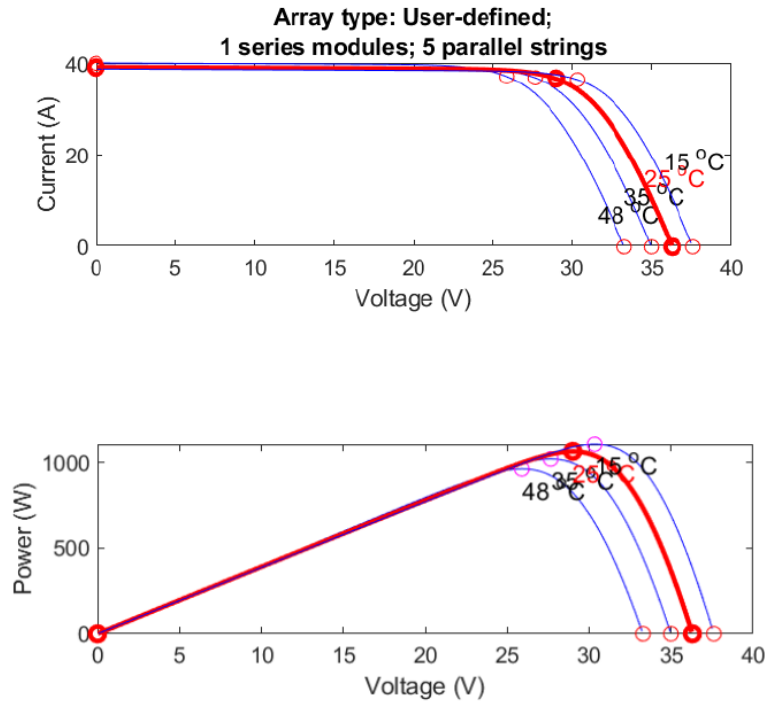
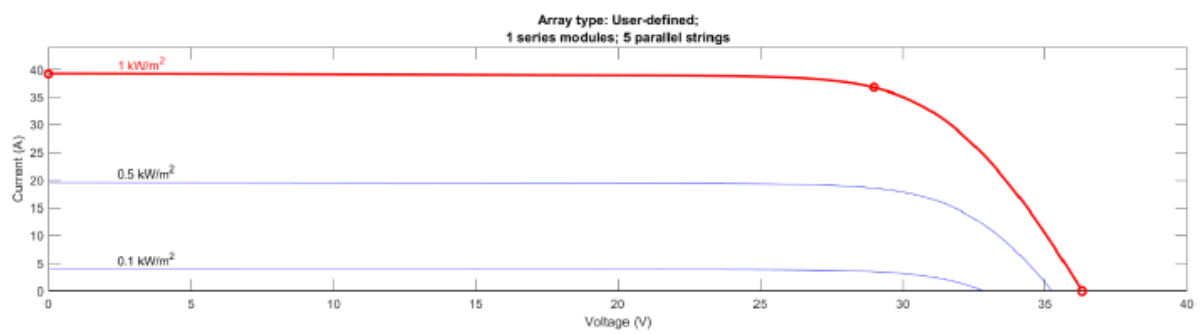


Figure 3.3: Caractéristiques I-V et P-V du générateur photovoltaïque à éclairement constant

Le deuxième cas est que la température est constante



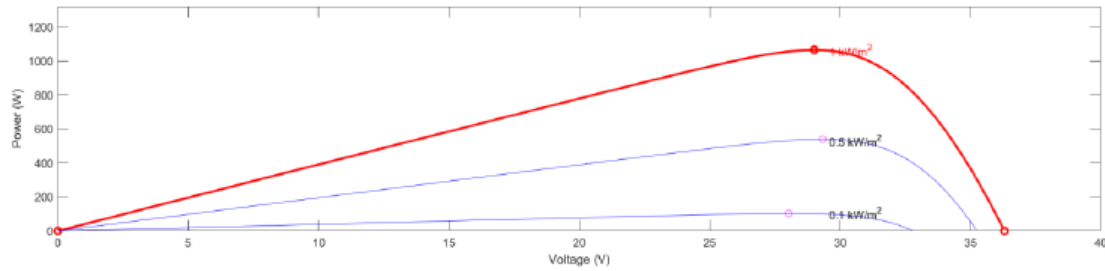


Figure 3.4: Caractéristiques I-V et P-V du générateur photovoltaïque à température constante

MPPT et P&O ALGORITHM

Comme nous l'avons mentionné précédemment, la technologie MPPT est l'une des technologies les plus utilisées. Sa fonction est d'ajuster en permanence le rapport cyclique du convertisseur de puissance afin qu'il fonctionne à la tension maximale afin d'obtenir la quantité maximale de puissance de sortie du panneau photovoltaïque vers le panneau photovoltaïque. Charger. Ils sont largement utilisés en raison de leur faible complexité de contrôle et de leur simplicité.

Dans cette simulation, afin d'obtenir un suivi rapide et de réduire l'oscillation du point de fonctionnement proche du MPP, l'algorithme de contrôle P&O MPPT a été développé dans MATLAB/Simulink à l'aide de blocs de fonctions mathématiques. 0,000125 a été choisi comme pas de changement de service[62]. Cycle $\Delta\delta$. Le diagramme schématique de l'algorithme est présenté à la figure .

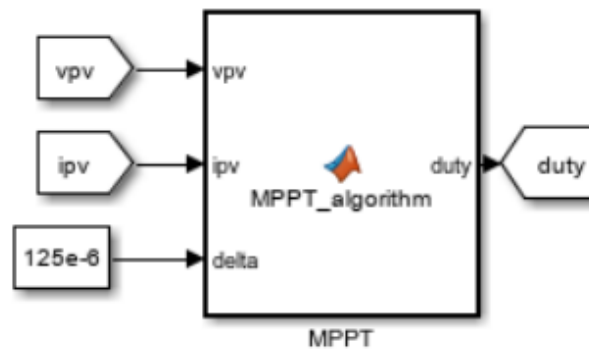


Figure 3.5: Block de MPPT

Organigramme de l'algorithme utiliser dans cette simulation :

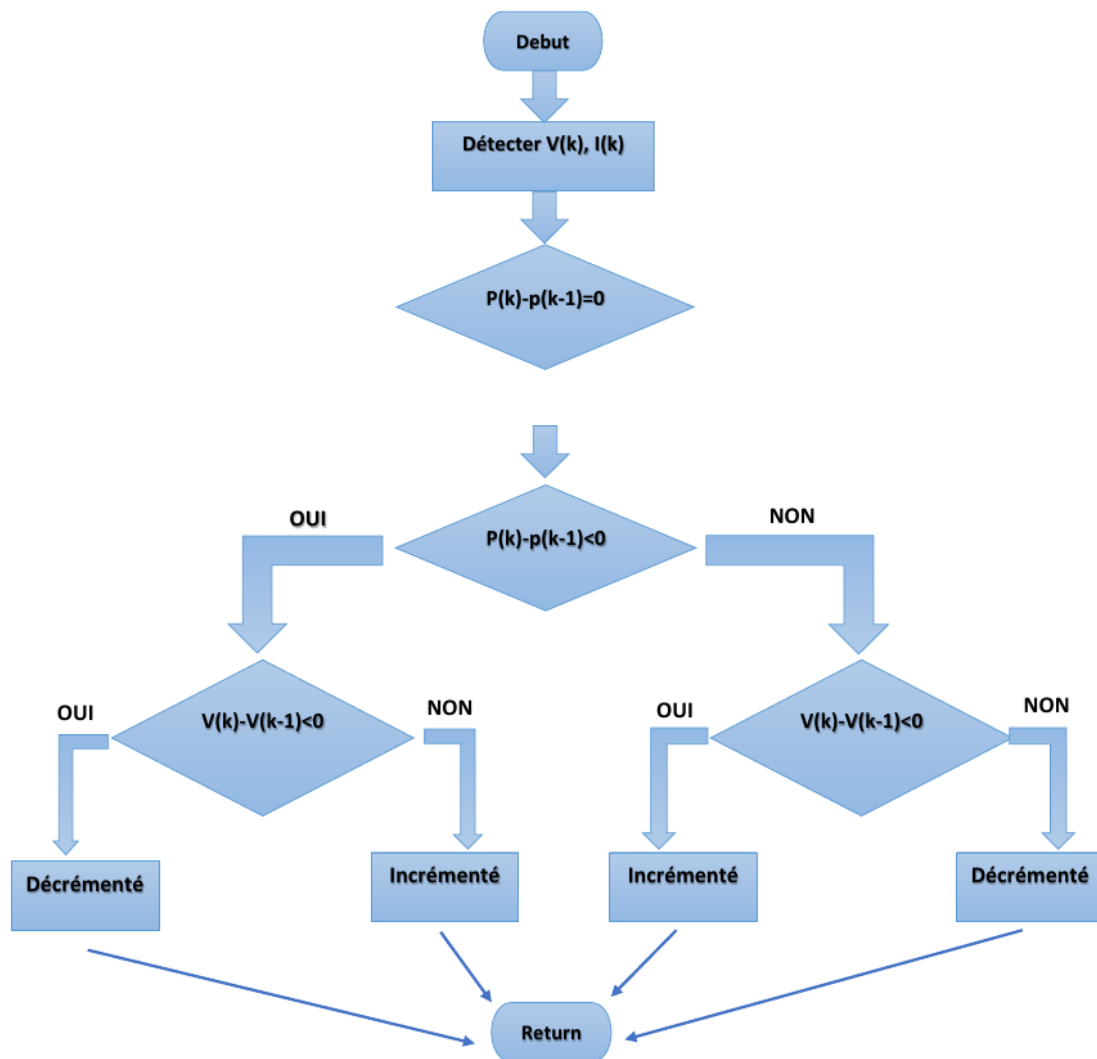


Figure 3.6: L'organigramme de l'algorithme de contrôle P&O MPPT

CONVERTISSEUR BOOST DC-DC

Dans un système PV, un convertisseur DC/DC agit comme un support de traitement de puissance et ajuste les niveaux de tension et de courant pour obtenir la puissance la plus élevée du champ PV. L'utilisation d'un convertisseur élévateur est préférable car il présente l'avantage de réguler la tension de sortie PV sur une large plage de tension de charge, en plus de sa capacité à suivre le point de puissance le plus élevé du champ PV malgré les variations de charge et les conditions météorologiques [63].

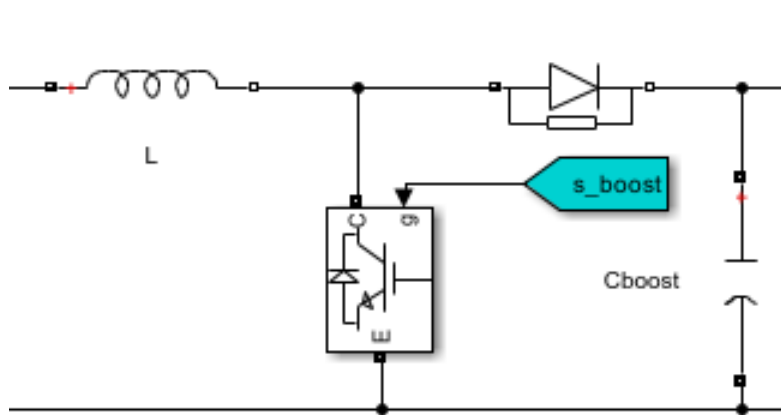


Figure 3.7: CONVERTISSEUR BOOST DC-DC

Conception de convertisseur DC-DC BOOST

Placer le convertisseur DC-DC approprié nécessite de calculer ses composants les plus importants, qui sont la bobine et le condensateur, nous avons donc :

$$L = \frac{(1 - D)^2 \cdot D \cdot V_0^2}{2 \cdot F \cdot P} \quad (3.2.1)$$

$$C_{\min} = \frac{D \cdot P}{V_0^2 \cdot \%_{\text{ripple}} \cdot F} \quad (3.2.2)$$

Avec:

$$D = 1 - \frac{V_{\text{in}}}{V_0} \quad (3.2.3)$$

V_{in} : Cette valeur est déterminé à partir de la projection sur l'axe des abscisses (Cf figure (3.3)), de sorte que l'on retrouve une valeur de 29 V.

$V_0 = 48 \text{ V}$

$F = 5 \text{ Khz}$

$\%_{\text{ripple}} = 0.01[64]$

3.2.2 Système de stockage d'énergie ET BMS

Une batterie au lithium a été utilisée comme élément de stockage au niveau du système avec les caractéristiques indiquées dans le tableau suivant:

Type de batterie	Lithium-ion
Tension nominale: (Ncell)	24
Capacité nominale: Voc (V)	50 Ah
État de charge initial	80%
Temps de réponse de la batterie:	1 Sec

Table 3.2: les caractéristiques de batterie

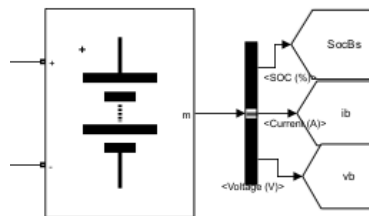


Figure 3.8: Bloc de batterie

Algorithme de controle

Afin d'ajuster la charge et la décharge de la batterie, l'algorithme présenté ci-dessous a été utilisé:

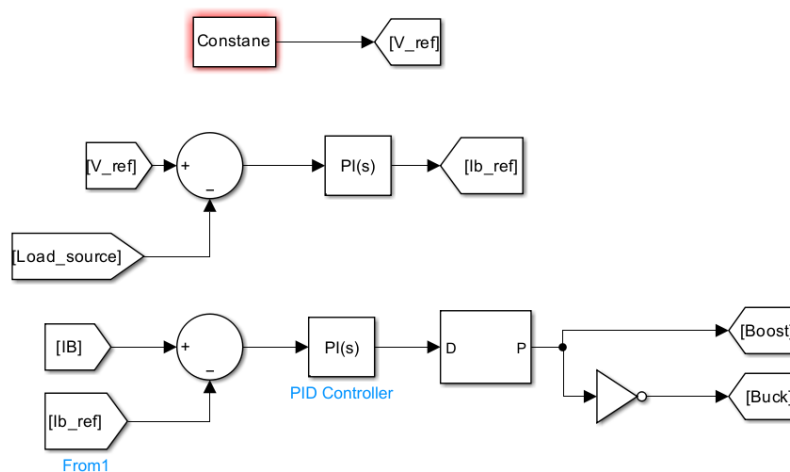


Figure 3.9: algorithme de controle batterie

Dans cette simulation, nous avons utilisé le système BMS. Ce système surveille et gère le processus de charge et de décharge de la batterie pour réduire le risque de dommages à la batterie, éviter la surcharge et maintenir une longue durée de vie de la batterie [65].

En plus de ce système, nous avons ajouté une surveillance de l'état de charge de la batterie (SOC) pour éviter que la batterie ne soit chargée au-dessus de 80 et pour éviter qu'elle ne se décharge en dessous de 20 afin de préserver ses cycles de charge. La figure ci-dessous montre le circuit BMS et le circuit du système de surveillance dans Simulink.

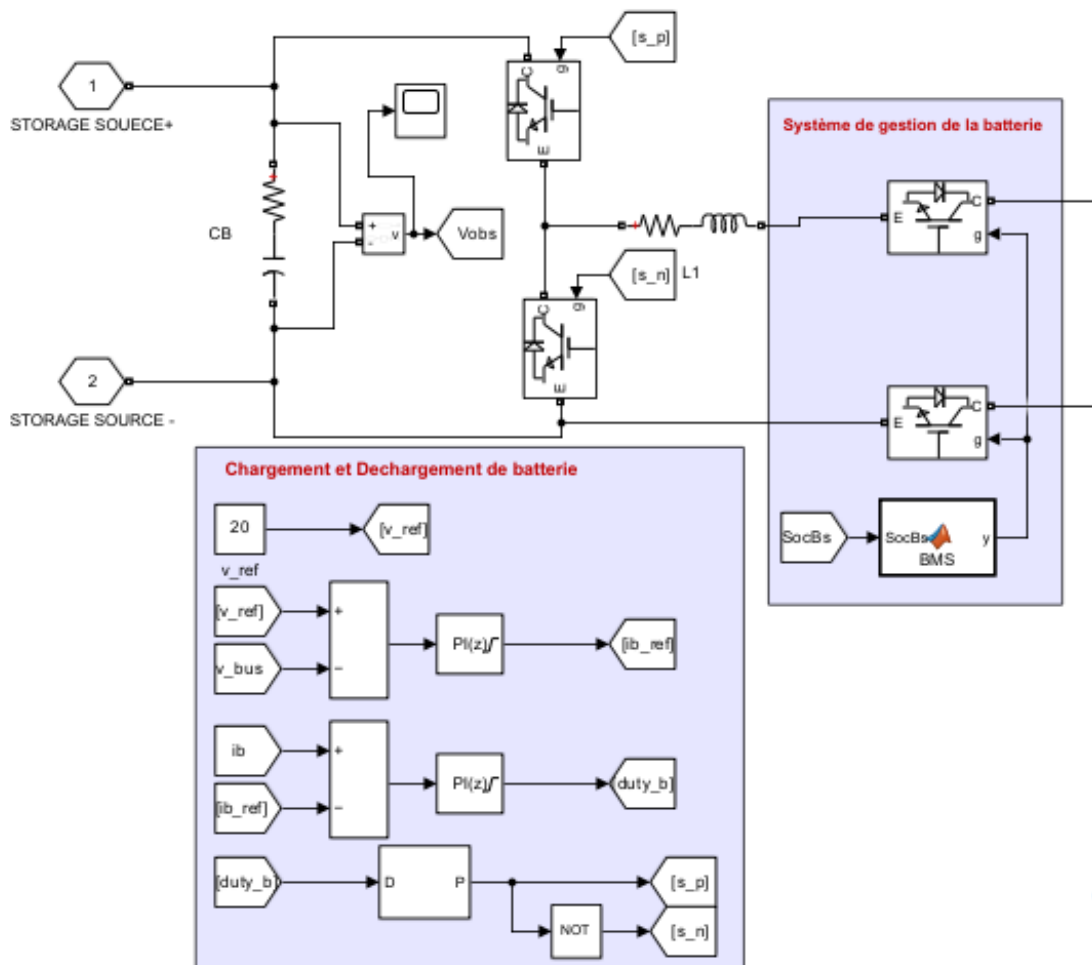


Figure 3.10: sousystème de Système de stockage d'énergie

3.2.3 Système Réseaux électrique

Pour simuler le réseau électrique, une source triphasée de 398 volts a été utilisée et fonctionnait à 50 Hz [66]. Dans notre travail, nous avons utilisé bus continue pour la recharge en courant continu uniquement. Pour cela, nous avons ajouté un Redresseur triphasé double alternance thyristor et des convertisseur DC/DC afin de convertir et réduire le courant alternatif en continu.

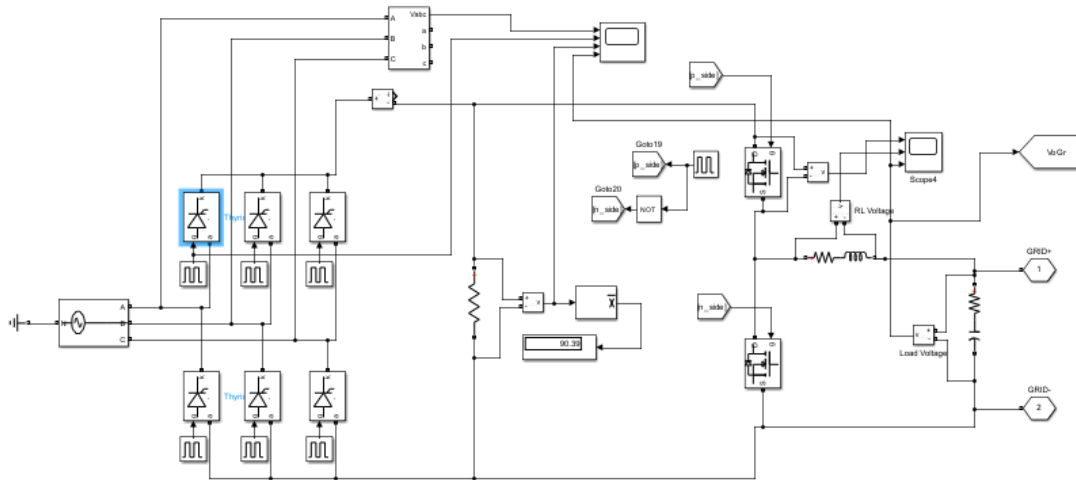


Figure 3.11: Système Réseau électrique en simulink/MATLAB

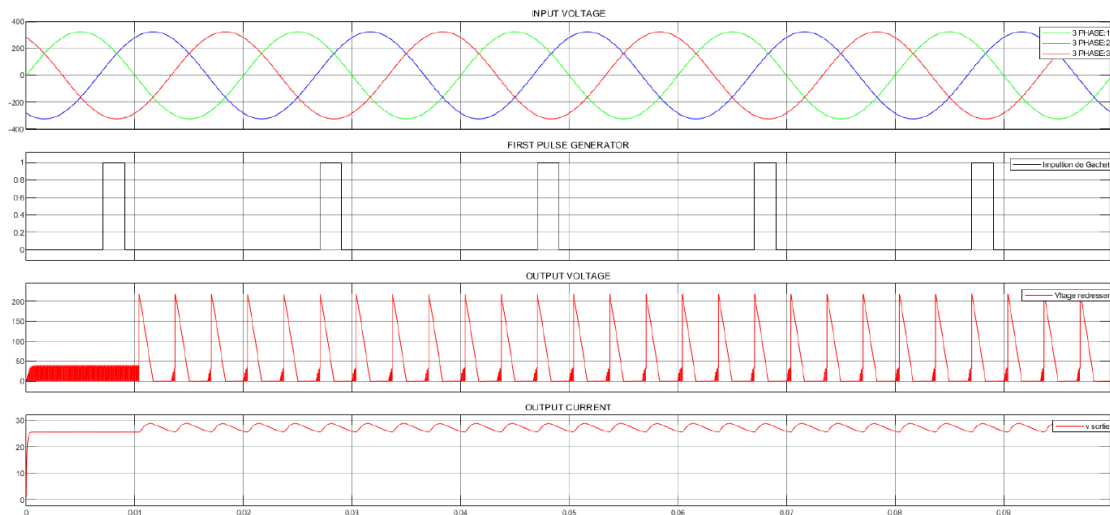


Figure 3.12: Processus de conversion AC à DC

3.3 Simulation de système

Les éléments qui ont été utilisés dans le programme MATLAB, rassemblés et illustrés par des images. Nous avons utilisé diode igbt pour contrôler la source qui charge la voiture. le bloc MATLAB fonction (Situé à l'intérieur de l'image ENERGY SYSTEM) contrôle la diode igbt qui laisse passer l'énergie en fonction des conditions. Sera mentionné dans les scénarios.

La figure (3.13) montre le système électrique hybride utiliser pour charger une voiture électrique, construit dans MATLAB/Simulink. Ce système se compose de trois éléments énergétiques :

Le système photovoltaïque est constitué de panneaux solaires dotés de la technologie MPPT, un convertisseur élévateur.

Système de stockage d'énergie : Il se compose d'une batterie lithium-ion en plus de la technologie du système de gestion de batterie.

Système de réseau électrique : Il se compose de trois phases d'une valeur de 398 volts et d'une fréquence de 50 Hz, en plus d'un redresseur et de filtres.

Ces sources sont contrôlées par Matlab fonction, qui envoie les gâchettes aux diodes IGBT selon les conditions.

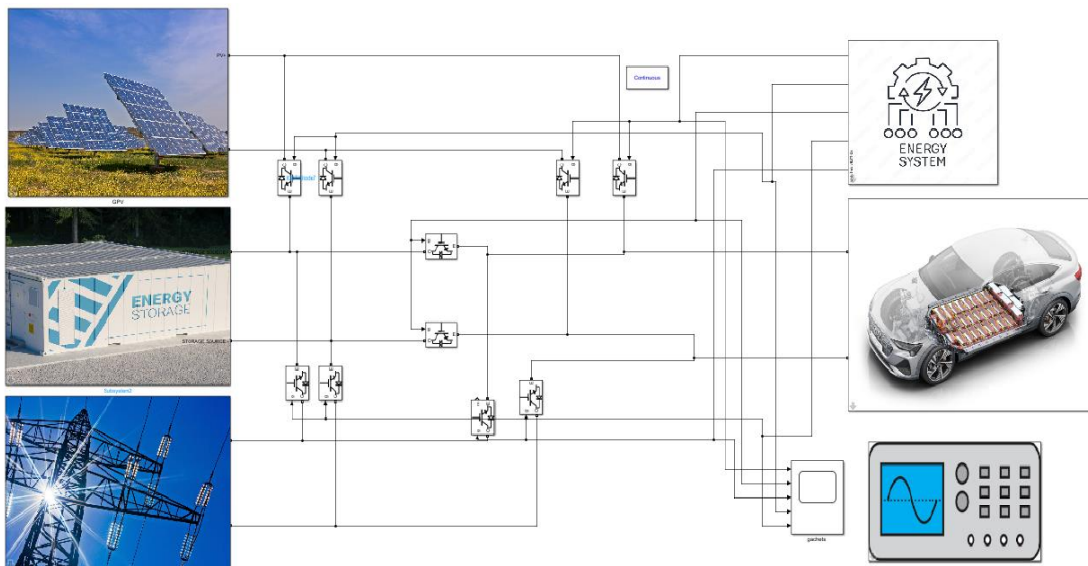


Figure 3.13: Système borne de recharge hybride en MATLAB/simulink

3.3.1 Les scenarios de recharge

Plusieurs scénarios de recharge peuvent être envisagés dans le cadre de ces bornes hybrides, chacun offrant des avantages spécifiques en termes de performances, de coût et de durabilité.

Scénario présence d'une voiture

-Le premier mode (Mode vert) : Il dépend entièrement de l'énergie solaire. Il est considéré comme un mode très économique et profite en présence de soleil. Cette source est utilisée en supposant que la valeur de rayonnement atteint plus de 700 watts/mètre carré, l'énergie photovoltaïque est en mesure de répondre aux besoins de la voiture électrique.

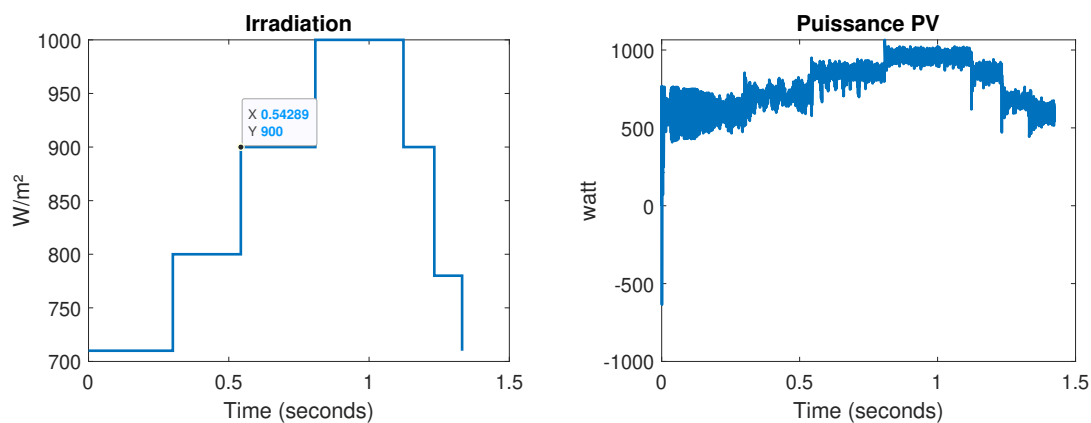


Figure 3.14: Irradiation et puissance produite par des PV

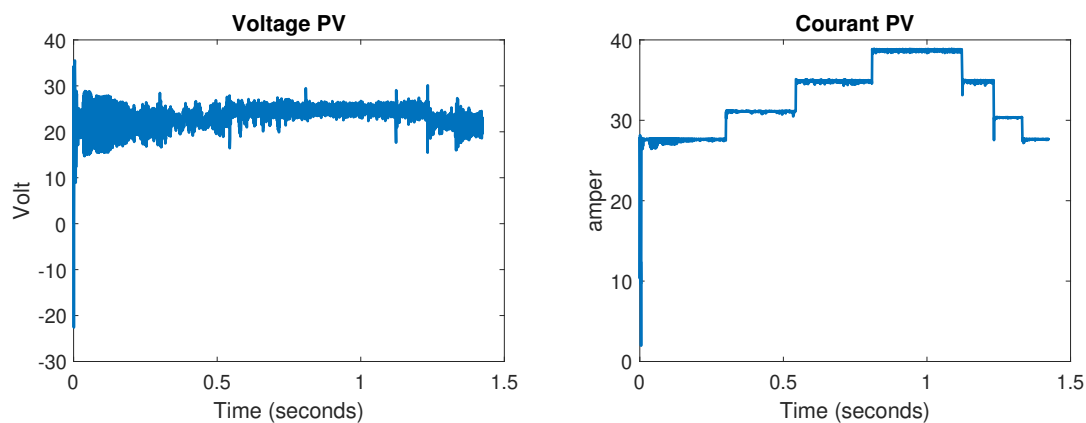


Figure 3.15: Tension et courant générés par le PV

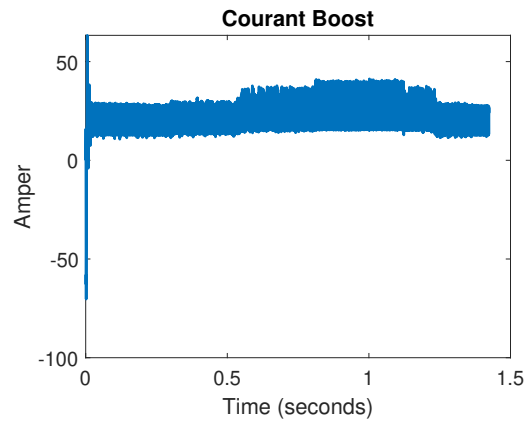


Figure 3.16: Courant de boost

Comme nous l'avons dit précédemment, le système énergétique a identifié les diodes IGBT vers le véhicule et lui envoie des gâchettes uniquement, comme le montre la figure (3.17).

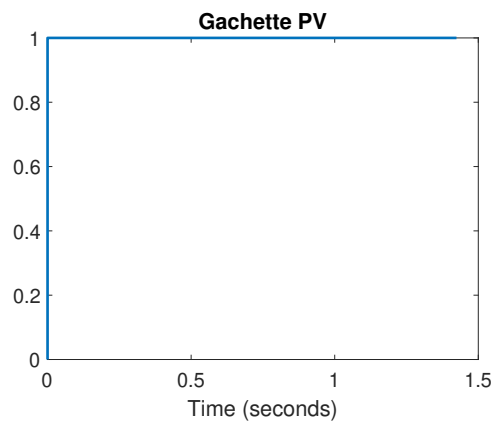
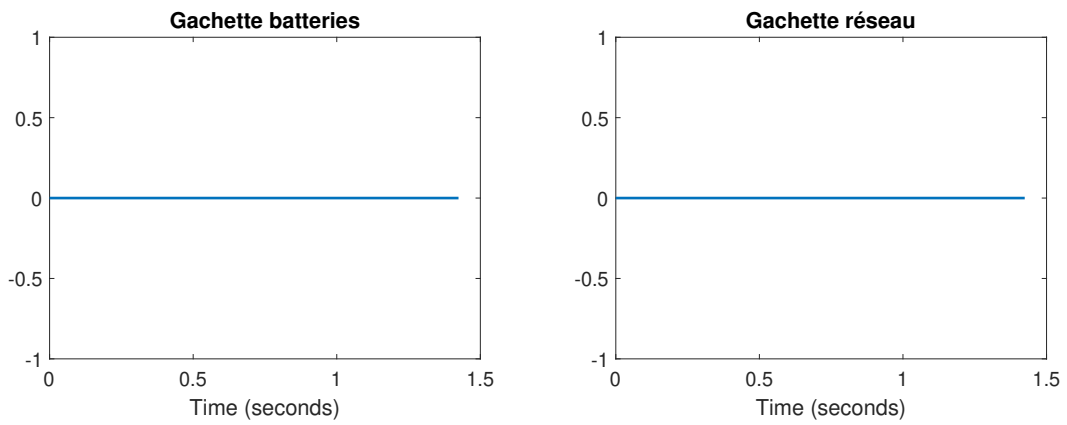


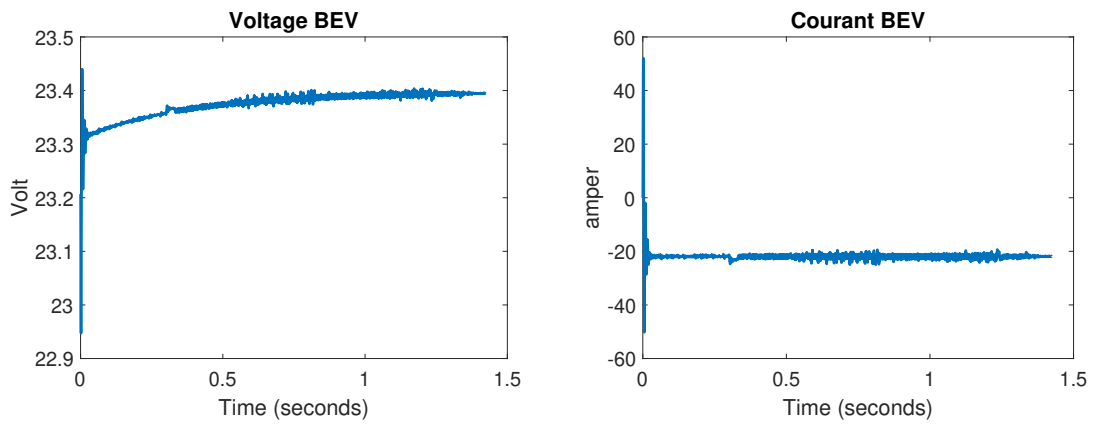
Figure 3.17: courant de gâchette sur igbt de PV



II

Figure 3.18: courant de gâchette sur igt de la batterie et le réseau

La figure (3.19) montre la tension et le courant requis de charge de la voiture, ainsi que la valeur SOC augmente Dans la figure (3.20) qui confirme le processus.



II

Figure 3.19: tension et courant pendant la charge

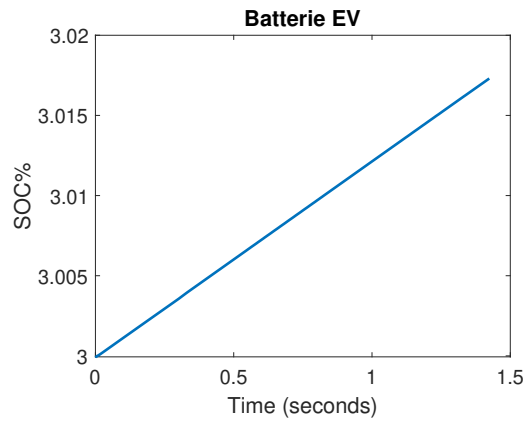


Figure 3.20: état de charge

-Le deuxième mode (Mode hybride) : Ce mode est utilisé en supposant que le niveau d'énergie photovoltaïque diminue, ce qui entraîne une baisse des performances et l'incapacité de l'énergie solaire à répondre aux besoins de la voiture électrique. Par conséquent, le réseau électrique a été introduit pour combler cette lacune. Pour simuler ce mode, nous avons fixé une valeur de 700 W/m^2 , valeur qui permet d'activer la ligne du réseau avec l'énergie photovoltaïque.

Source PV:

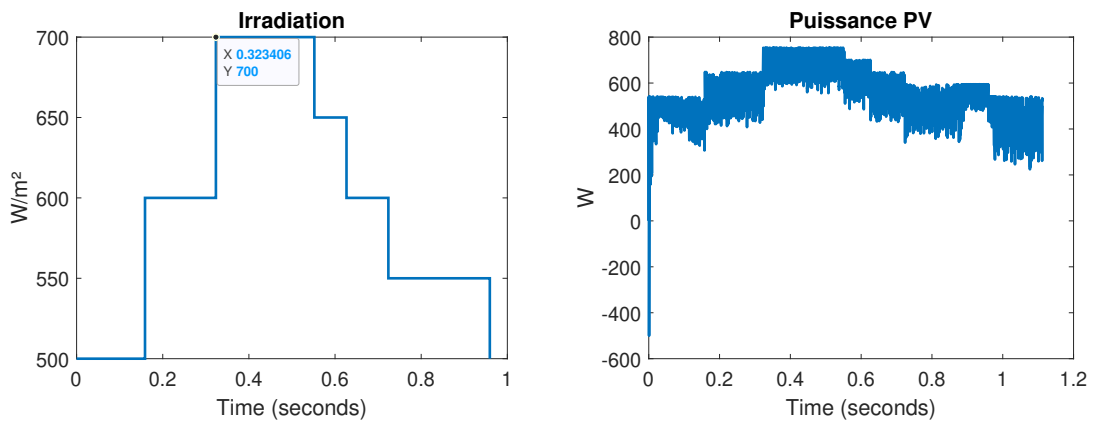


Figure 3.21: Irradiation et puissance produite par des PV

11

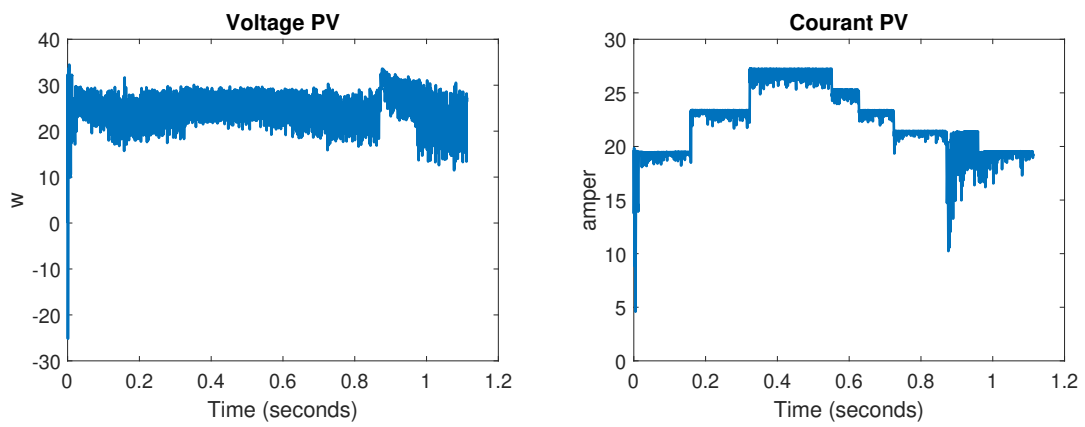


Figure 3.22: Tension et courant générés par le PV

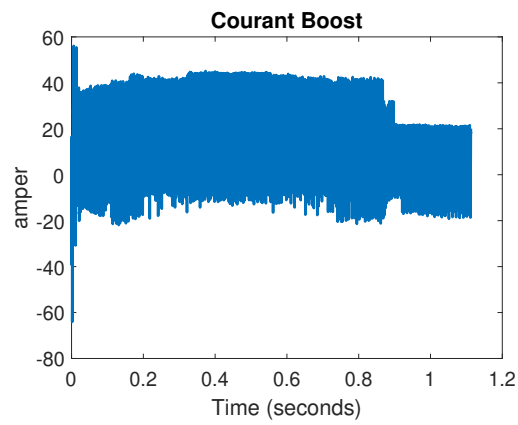


Figure 3.23: Courant de boost

Source de réseau:

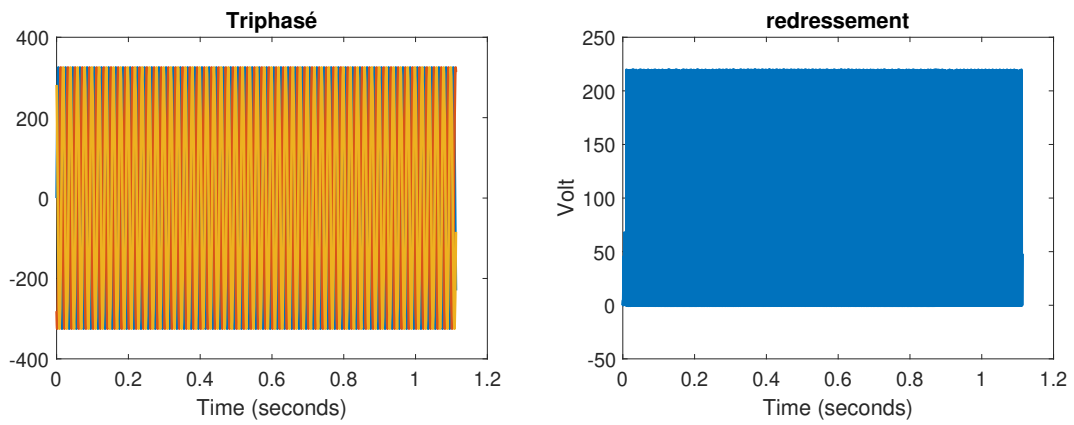


Figure 3.24: Redressement signal de réseau

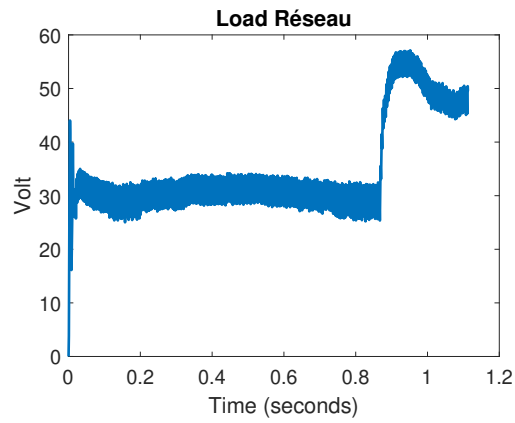


Figure 3.25: la charge de réseau

Comme illustré dans les figures, le système énergétique envoie des gachette aux igbt du réseau et du l'énergie photovoltaïque en simultanément .

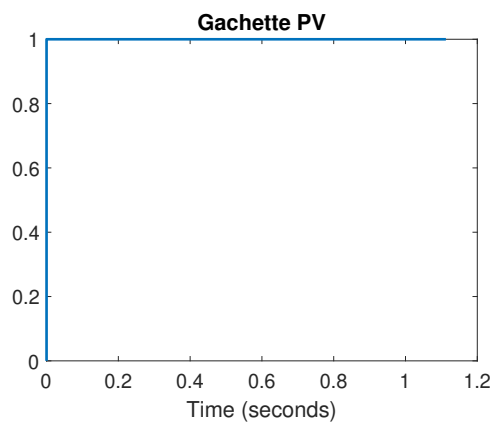


Figure 3.26: courant de gâchette sur igbt de PV

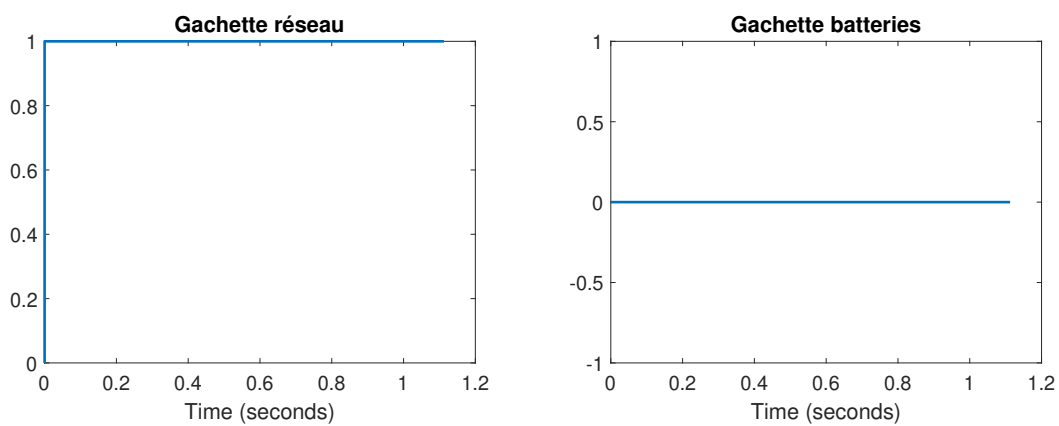


Figure 3.27: courant de gâchette sur igbt de réseau et de batterie

Dans ce mode, la voiture est chargée simultanément à partir de deux sources différentes, comme illustré dans les figures:

II

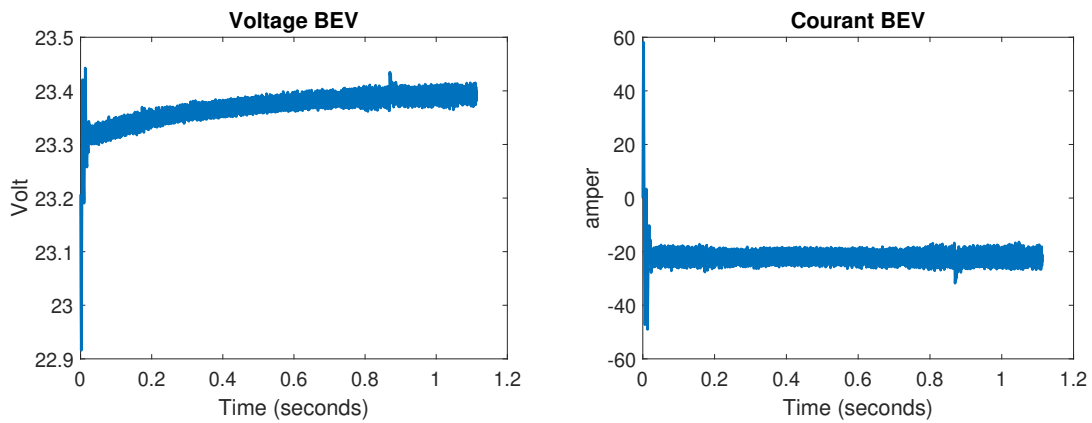


Figure 3.28: tension et courant pendant la charge

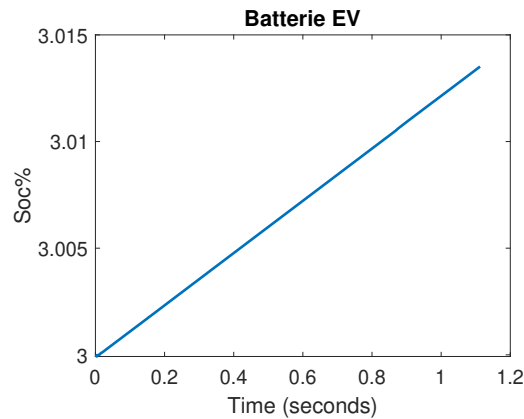


Figure 3.29: état de charge

-Le troisième mode (mode réseau) : En l'absence d'énergie photovoltaïque ou en cas de faible irradiation solaire, la charge par les panneaux solaires devient nulle, ce qui entraîne l'absence d'une source d'énergie pour la charge. Dans ce cas, le réseau électrique remplace l'énergie solaire. Nous avons configuré l'activation du réseau uniquement lorsque la valeur de l'irradiation tombe en dessous de 500. Pour simuler cette situation, nous avons ignoré l'énergie photovoltaïque en attribuant une valeur de 0 au niveau de l'irradiation afin de permettre la charge de la batterie uniquement par le réseau.

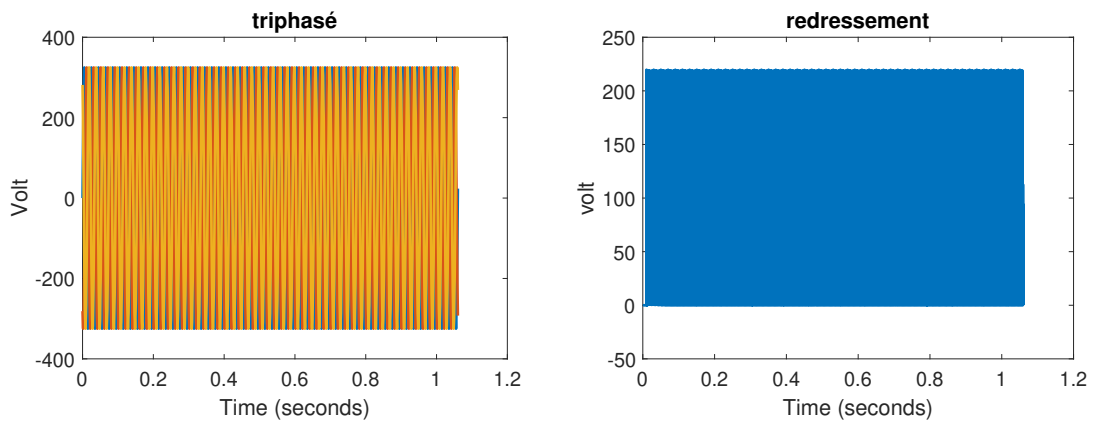


Figure 3.30: redressement signal de réseau

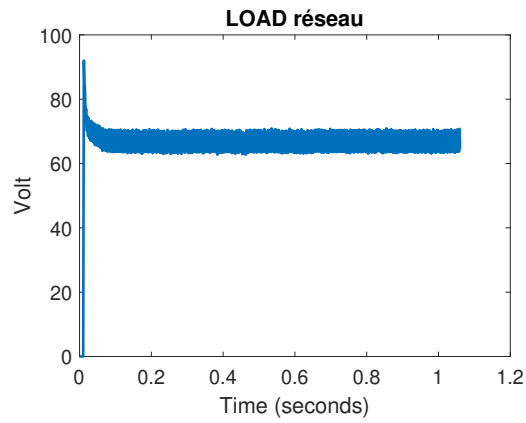


Figure 3.31: la charge de réseau

Dans ce cas, le bloc du système énergétique envoie les gâchettes uniquement au diode IGBT du réseau, comme illustré dans les figure suivants:

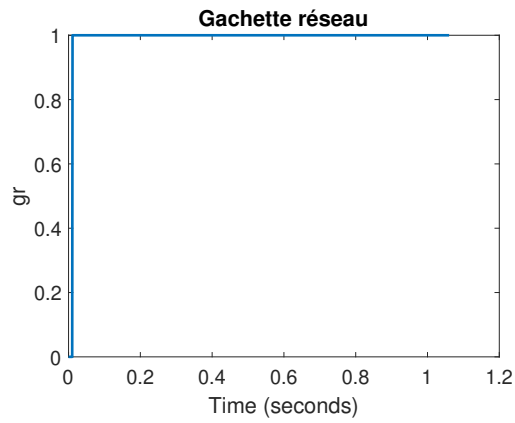


Figure 3.32: courant de gâchette sur igbt de réseau

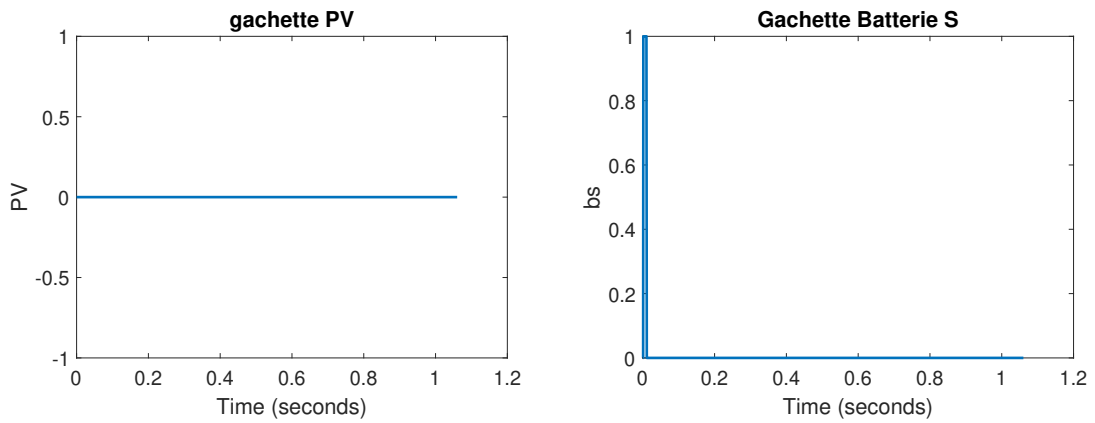


Figure 3.33: courant de gâchette sur igbt de PV et de batterie

La figure (3.34) montre la tension et le courant requis de charge de la voiture, ainsi que la valeur SOC augmente Dans la figure (3.35) qui confirme le processus.

11

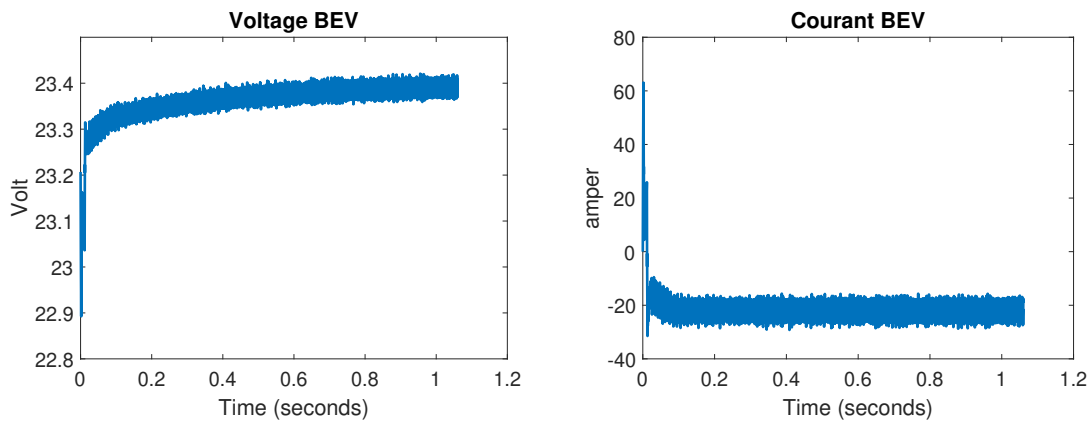


Figure 3.34: tension et courant pendant la charge

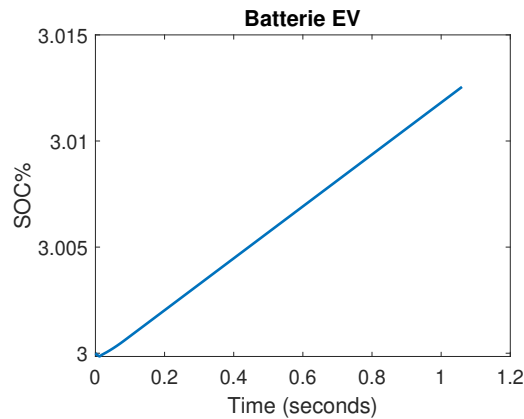


Figure 3.35: état de charge

-Quatrième mode (Mode d'urgence) : Ce mode est utilisé en cas d'absence d'énergie solaire et de problèmes sur le réseau dus à une panne ou une surcharge. Nous avons simulé la situation de la batterie uniquement en cas de faible production d'énergie photovoltaïque en attribuant une valeur inférieure à 500 watts/mètre carré et en absence de réseau en réduisant considérablement la valeur de la tension, avec la condition supplémentaire que le niveau de charge de la batterie soit supérieur à 20.

État de la batterie de stockage pendant la décharge :

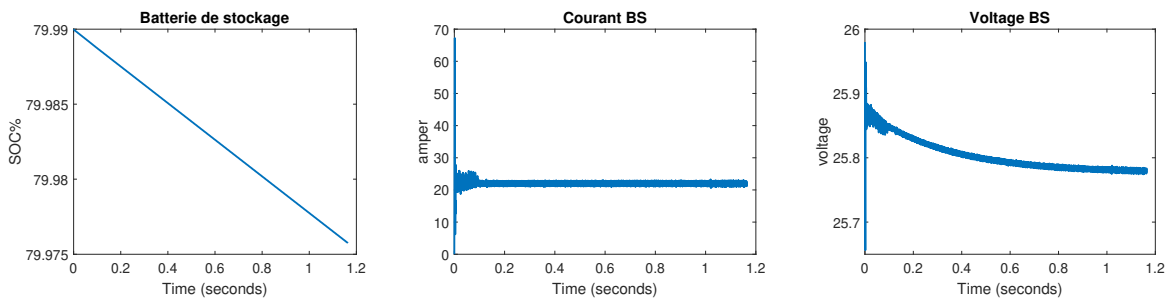


Figure 3.36: État de décharge, tension et courant de batterie de stockage

La source d'énergie responsable de la charge est la batterie de stockage, comme le montrent les images suivantes:

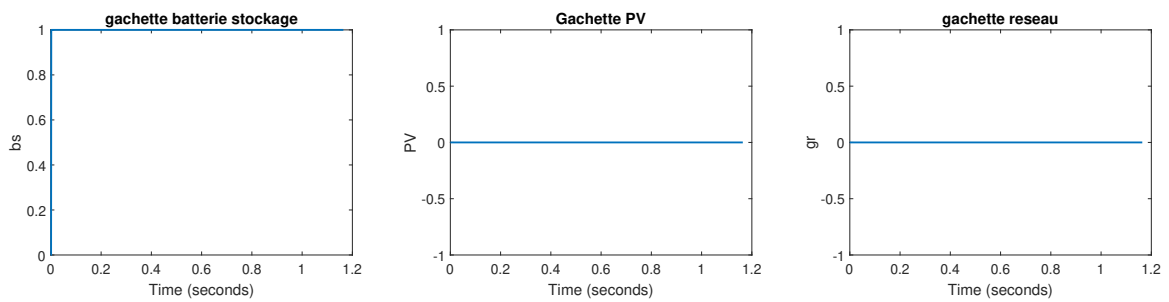


Figure 3.37: courant de gâchette sur igbt de batterie,PV et le de réseau

État de la batterie du véhicule électrique pendant la charge:

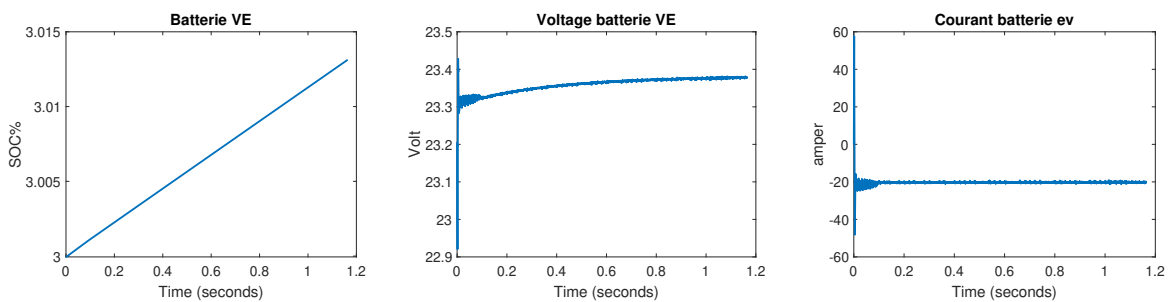


Figure 3.38: État de charge, tension et courant de batterie de VE

Scénario absence d'une voiture

Afin d'indiquer l'absence de voiture électrique, nous avons déconnecté les pôles du circuit de batterie du scope pour obtenir une valeur de 0v.

Le premier mode (la charge via PV):

Dans ce cas, en l'absence de voiture électrique et en présence d'un excès d'énergie dans les panneaux solaires, à condition que la valeur d'irradiation soit supérieure à 500 W/m².

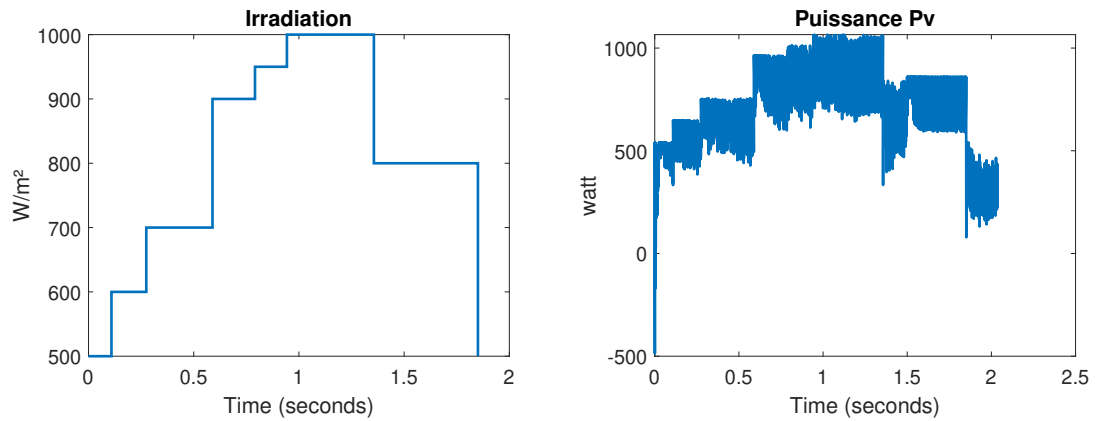


Figure 3.39: Irradiation et puissance produite par des PV

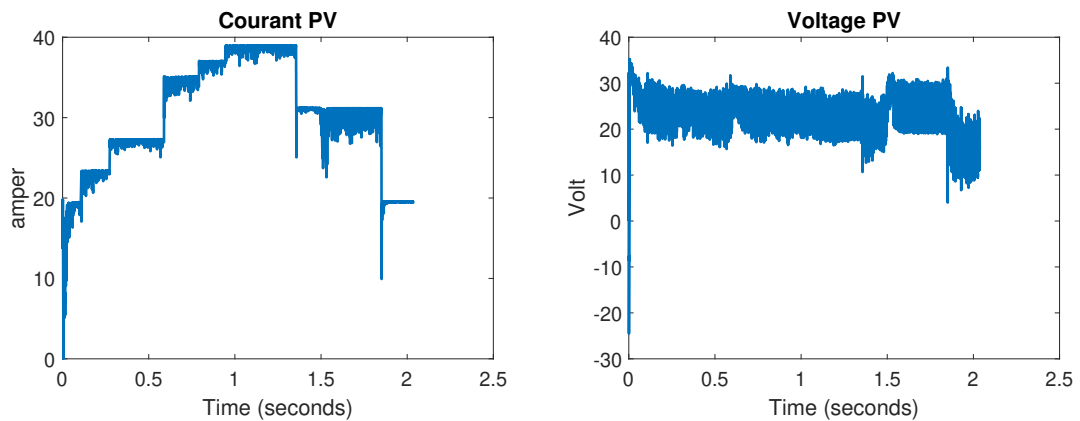


Figure 3.40: Tension et courant générés par le PV

II

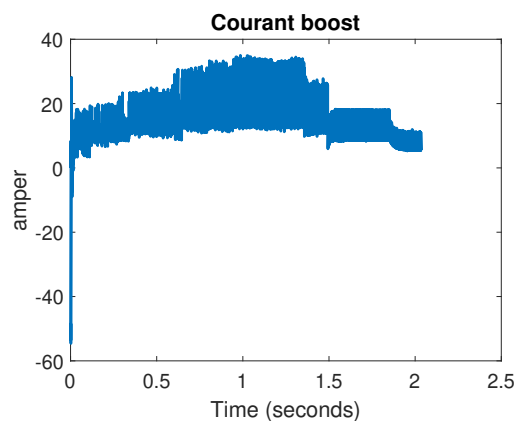


Figure 3.41: courant de boost

le bloc ENERGY SYSTEM envoie des gâchettes à la diode IGBT des panneaux vers la batterie de la borne, comme illustré la figure (3.42) :

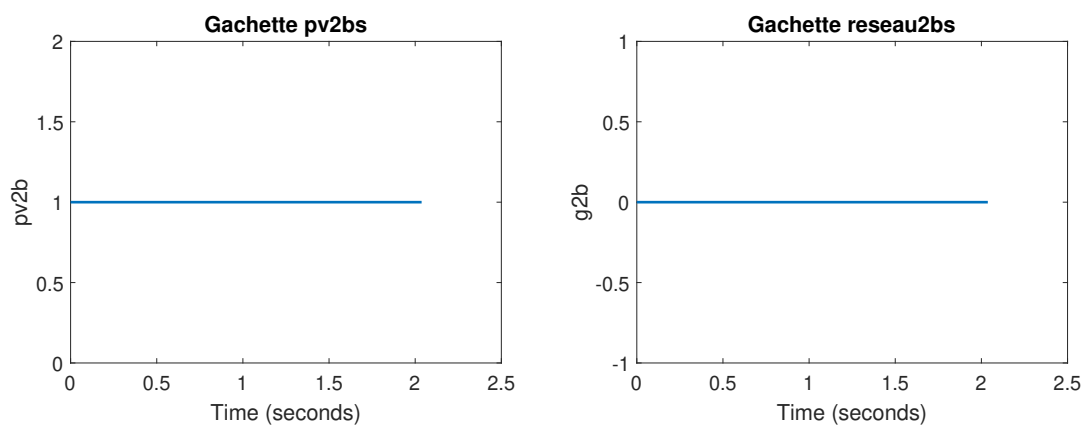


Figure 3.42: courant de gâchette sur IGBT de PV et de réseau vers la batterie

La batterie de la station de charge est en cours de chargement.

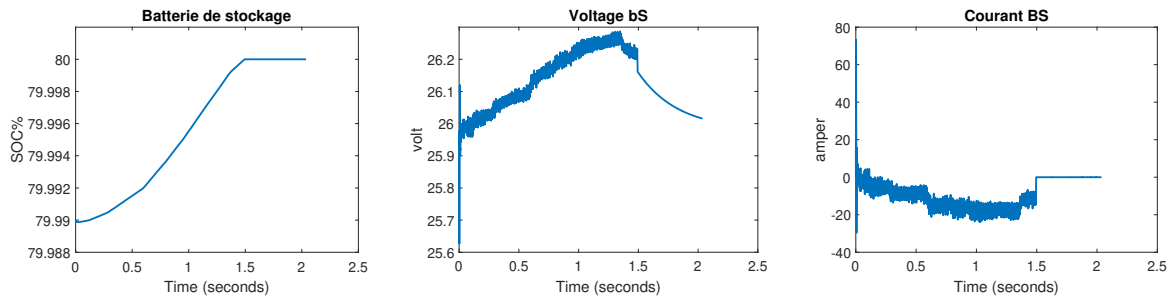


Figure 3.43: État de charge, tension et courant de batterie de VE

Nous remarquons que la valeur de charge reste stable à 80 %, et cela est dû au travail du système qui simule BMS pour limiter la valeur de charge et maintenir la santé de la batterie.

Le deuxième mode:

En l'absence d'énergie photovoltaïque ou en cas de faible irradiation solaire, (la valeur d'irradiation descend en dessous de 500,), le bloc ENERGYSTEM fonctionne pour déconnecter les panneaux et connecter le réseau électrique pour charger la batterie de la station .

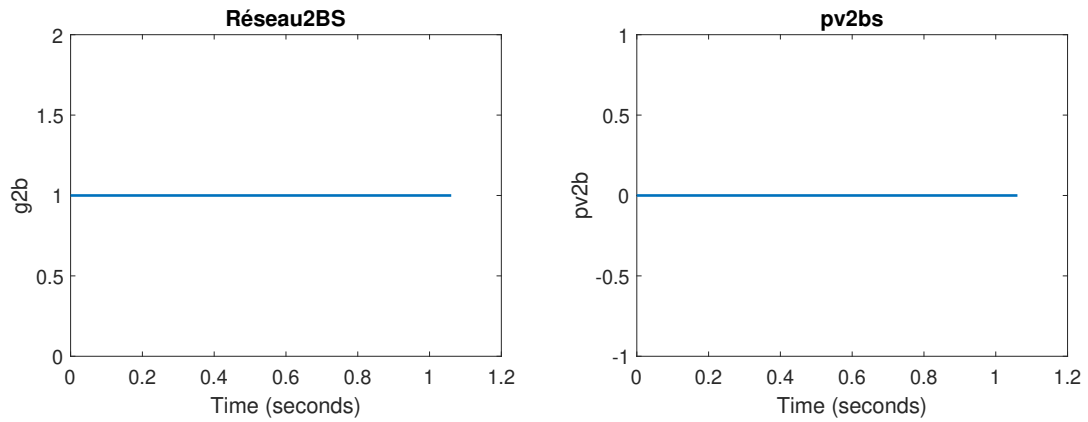


Figure 3.44: courant de gâchette sur igbt de PV et le réseau vers batterie de stockage

Le réseau électrique :

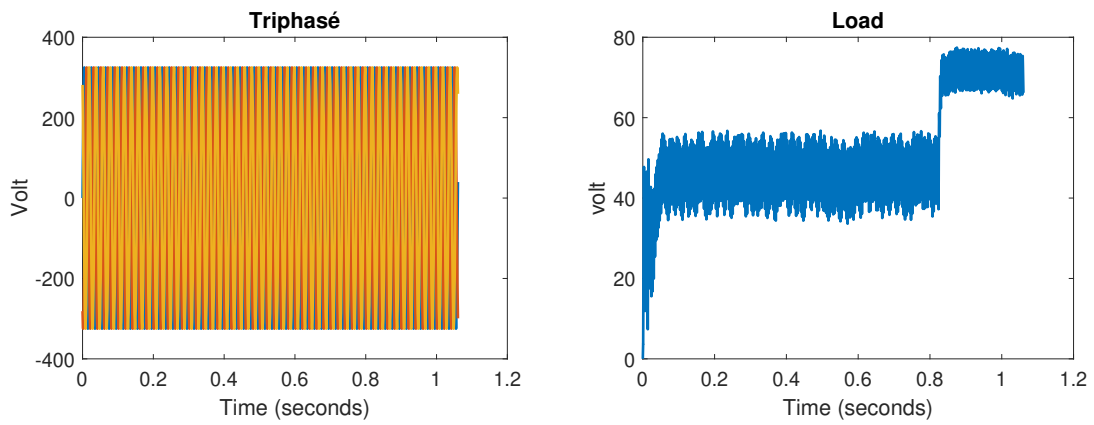


Figure 3.45: Redressement signal de réseau

La batterie de la station de charge est en cours de chargement

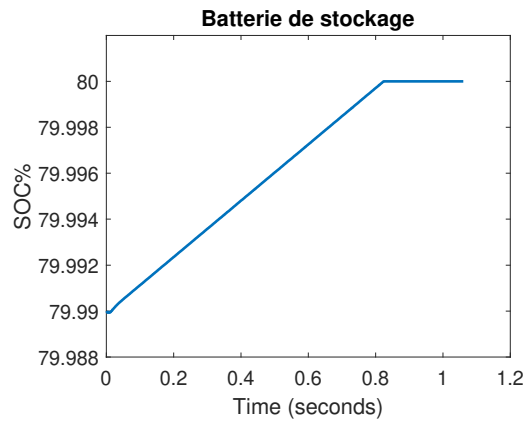


Figure 3.46: état de charge

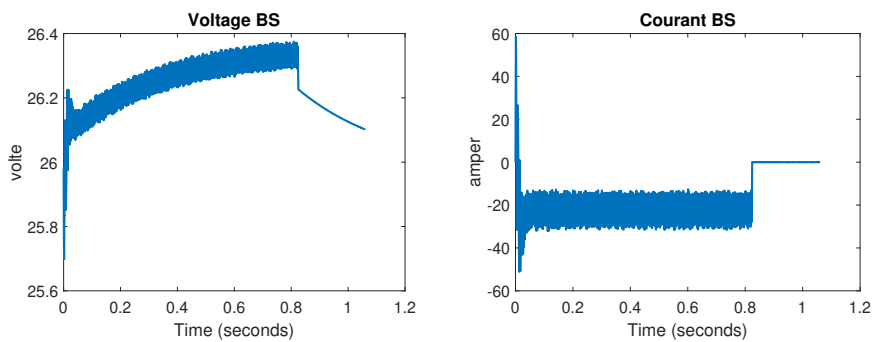


Figure 3.47: Tension et courant pendant la charge

La même note concerne la valeur de charge, afin qu'elle reste stable à 80% .Cela est dû au travail d'un système qui simule le BMS pour limiter la valeur de charge et maintenir la santé de la batterie.

conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté les éléments qui ont été utilisés dans la simulation et certaines de leurs caractéristiques. Nous avons montré comment gérer les ressources énergétiques à l'aide de MATLAB fonction. Nous avons montré les conditions dans lesquelles la station peut fonctionner selon deux scénarios :

Le premier scénario représente la présence d'un véhicule électrique pour la recharge selon quatre modes :

La première mode est une source d'énergie 100% renouvelable dans laquelle nous avons utilisé des panneaux solaires en plus de leurs conditions de fonctionnement.

La deuxième mode dépend de la capacité de l'énergie photovoltaïque à répondre en partie aux besoins du véhicule électrique et de l'accès à une deuxième source en même temps (le réseau électrique) pour combler le déficit énergétique manquant.

La troisième mode est que l'énergie photovoltaïque est totalement absente et est entièrement remplacée par le réseau électrique.

Le quatrième mode est disponible en l'absence des deux premières sources, à condition que la valeur de la batterie soit supérieure à 20 %.

Le deuxième scénario, qui représente l'absence de véhicule électrique, contient deux mode :

La première est de bénéficier de l'énergie apportée par les panneaux solaires en rechargeant la batterie de la station.

La seconde est de recharger la batterie de la station en l'absence de panneaux solaires.

Conclusion général

La mise à disposition de stations de recharge et d'infrastructures est nécessaire compte tenu de l'augmentation du nombre de voitures électriques, ce qui peut poser des problèmes en termes d'énergie. Cette situation nous oblige à envisager les énergies renouvelables, notamment l'énergie photovoltaïque.

Dans cette mémoire, nous avons présenté une idée concernant les véhicules électriques et les stations de recharge hybrides pour recharger les véhicules électriques. Nous avons simulé ces dernières et proposé des modes de recharge possibles ainsi que des scénarios pour diversifier les sources de recharge et réduire l'utilisation du réseau, ce qui pourrait diminuer les problèmes d'approvisionnement en énergie.

Compte tenu de notre climat, de nos vastes terrains et de l'intérêt des scientifiques pour l'amélioration de l'efficacité, les cellules photovoltaïques pourraient être une solution rentable, surtout avec la baisse continue des coûts des batteries et des panneaux solaires. Nous devons donc en tenir compte, car la rapidité des développements technologiques actuels est impressionnante.

Bibliography

- [1] Loi de finance. *le journal officiel*, page 25, 29/12/2023.
- [2] Virta Global. The global electric vehicle market overview in 2024: Statistics & forecasts, 2024. <https://www.virta.global/en/global-electric-vehicle-market> [Accessed: (15/05/2024)].
- [3] ROLAND IRLE. Global ev sales for 2023 h1, aug 2023. <https://ev-volumes.com/news/ev/global-ev-sales-for-2023-h1> [Accessed: (15/05/2024)].
- [4] Bordji Abdelmalek et Flitti Hamza. *Etude et simulation des éléments de chargeurs intégrés pour véhicule électrique*. PhD thesis, Université Abdelhamid Ibn Badis, Mostaganem, 2019.
- [5] W. Y. S. X. y. H. Q. H. W. S. H. M. L. a. W. H. W. Z. X. Jing. Research on unit commitment in power system with electric vehicles. *IEEE Power Energy Soc. Gen. Meet*, pages 1–5, Jul. 2013.
- [6] KEVIN A. WILSON. A brief history of the electric car, 1830 to present, MAR 2023. <https://www.caranddriver.com/features/g43480930/history-of-electric-cars/> [Accessed: (15/05/2024)].
- [7] R. K. S. Narendra Kumar. "modelling and simulation of charging based on solar/grid powered electric vehicle. *Journal of Emerging Technologies and Innovative Research*, page 3, 2014.
- [8] Samir G, Youcef.M. *Maintenance et Diagnostic Des Défauts d'un Véhicule Électrique*. PhD thesis, Université Echahid Cheikh Larbi Tebessi, Tébessa, 2023.
- [9] C Lamy and J-M Léger. Les piles à combustible: application au véhicule électrique. *Le Journal de Physique IV*, 4(C1):C1–253, 1994.
- [10] BMW. Hydrogen fuel cell cars : everything you need to know, june 2013. <https://www.bmw.com/en/innovation/how-hydrogen-fuel-cell-cars-work.html> [Accessed: (15/05/2024)].

-
- [11] Destiny Conscience Eland Loukakou Bounzeki Mbemba. *Modélisation, conception et expérimentation d'un véhicule hybride léger pour usages urbains*. Theses, Université de Franche-Comté, December 2012.
- [12] Christophe Espanet. *Modélisation et conception optimale de moteurs sans balais à structure inversée - Application au moteur-roue*. Theses, Université de Franche-Comté, January 1999.
- [13] Walter Lhomme. *Gestion d'énergie de véhicules électriques hybrides basée sur la représentation énergétique macroscopique*. PhD thesis, Lille 1, 2007.
- [14] Renault Group. Tout ce que vous devez savoir sur un moteur de voiture électrique, feb 2021. <https://www.renaultgroup.com/news-onair/actualites/tout-ce-que-vous-devez-savoir-sur-un-moteur-de-voiture-electrique/> [Accessed: (15/05/2024)].
- [15] Erick Fontaine. Ce qu'il faut savoir sur le moteur des voitures électriques, feb 2018. <https://www.lesnumeriques.com/voiture/qu-faut-savoir-sur-moteur-voitures-electriques-a3681.html> [Accessed: (15/05/24)].
- [16] Renault Group. Tout ce qu'il faut savoir sur la batterie d'une renault e-tech 100% electric. <https://fr.renault.ch/e-tech-electric/battery.html>.
- [17] John M. Miller. Energy storage system technology challenges facing strong hybrid, plug-in and battery electric vehicles. In *2009 IEEE Vehicle Power and Propulsion Conference*, pages 4–10, 2009.
- [18] Aditya Dhand and Keith Pullen. Simulation based study of battery electric vehicle performance in real world cycles. *International Journal of Electric and Hybrid Vehicles*, 5(4):327–343, 2013.
- [19] SAE. SAE electric vehicle and plug in hybrid electric vehicle conductive charge coupler, standard J1772. Standard, SAE, 2017.
- [20] International Electrotechnical Commission. Electric Vehicle Conductive Charging System—Part 1, IEC, General Requirements. Technical report, IEC, Geneva, Switzerland, 2017.
- [21] Md Safayatullah, Mohamed Tamasas Elrais, Sumana Ghosh, Reza Rezaii, and Issa Batarseh. A comprehensive review of power converter topologies and control methods for electric vehicle fast charging applications. *IEEE Access*, 10:40753–40793, 2022.

-
- [22] Society of Automotive Engineers. Electric Vehicle Inductive Coupling Recommended Practice. Standard SAE 5-1773, feb 1995.
- [23] PNM. Charging your electric vehicle. <https://www.pnmdriveelectric.com/charging>.
- [24] Murat Yilmaz and Philip T. Krein. Review of battery charger topologies, charging power levels, and infrastructure for plug-in electric and hybrid vehicles. *IEEE Transactions on Power Electronics*, 28(5):2151–2169, 2013.
- [25] Mohammad Shahjalal, Tamanna Shams, Moshammed Nishat Tasnim, Md Rishad Ahmed, Mominul Ahsan, and Julfikar Haider. A critical review on charging technologies of electric vehicles. *Energies*, 15(21), 2022.
- [26] Sungwoo Bae and Alexis Kwasinski. Spatial and temporal model of electric vehicle charging demand. *IEEE Transactions on Smart Grid*, 3(1):394–403, 2012.
- [27] Laura Lachvajderova and Jaroslava Kadarova. Analysis of internal combustion engine vehicle, battery electric vehicle and emissions from transport. 21:21–33, 12 2021.
- [28] Salman Habib, Muhammad Mansoor Khan, Farukh Abbas, Lei Sang, Muhammad Umair Shahid, and Houjun Tang. A comprehensive study of implemented international standards, technical challenges, impacts and prospects for electric vehicles. *IEEE Access*, 6:13866–13890, 2018.
- [29] Ali Bahrami. Ev charging definitions, modes, levels, communication protocols and applied standards. Technical report, 01 2020.
- [30] Maël Cazals and Gilles Vidalenche. La gestion de la recharge des flottes de véhicules électriques.
- [31] Sithara S. G. Acharige, Md. Enamul Haque, Mohammad Taufiqul Arif, Nasser Hosseinzadeh, Kazi N. Hasan, and Aman Maung Than Oo. Review of electric vehicle charging technologies, standards, architectures, and converter configurations. *IEEE Access*, 11:41218–41255, 2023.
- [32] Anton Kersten, Artem Rodionov, Manuel Kuder, Thomas Hammarström, Anton Lesnicar, and Torbjörn Thiringer. Review of technical design and safety requirements for vehicle chargers and their infrastructure according to national swedish and harmonized european standards. *Energies*, 14(11), 2021.

-
- [33] Chaimaa AMARA and Khadidja BENCHOHRA. *Conception d'une borne de recharge intelligente solaire pour les véhicules électriques*. PhD thesis, ECOLE SUPERIEURE EN SCIENCES APPLIQUEES, Tlemcen, 2021.
- [34] Julio A. Sanguesa, Vicente Torres-Sanz, Piedad Garrido, Francisco J. Martinez, and Johann M. Marquez-Barja. A review on electric vehicles: Technologies and challenges. *Smart Cities*, 4(1):372–404, 2021.
- [35] Washington State University Energy Program. EV Batteries: Getting Better All the Time, 2021. [Online]. Available: <https://www.energy.wsu.edu/documents/EV-Batteries-GettingBetterAllTheTime-6-28-21.pdf> [Accessed: 16/05/2024].
- [36] Deepak Ronanki, Apoorva Kelkar, and Sheldon S. Williamson. Extreme fast charging technology—prospects to enhance sustainable electric transportation. *Energies*, 12(19), 2019.
- [37] Wikipedia. IEC 62196. [Online]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/IEC_62196 [Accessed: 16/05/2024].
- [38] Wikipedia. IEC 61851. [Online]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/IEC_61851 [Accessed: 16/05/2024].
- [39] Thomas Bräunl. Ev charging standards. *University of Western Australia: Perth, Australia*, pages 1–5, 2012.
- [40] Iec 62196 electric vehicle charge connector assembly (type 2 for mode 2 and 3), FEB 2016. <https://www.dalroad.com/wp-content/uploads/2016/08/Type-II-connector-product-spec.pdf> [Accessed: (16/05/2024)].
- [41] Plugs, socket-outlets and couplers for industrial and similar applications, and for electric vehicles, 2015. https://www.iec.ch/ords/f?p=103:38:516082676922542:::FSP_ORG_ID,FSP_APEX_PAGE,FSP_PROJECT_ID:1426,20,22301 [Accessed: (16/05/2024)].
- [42] What is chademo?, 2022. [Online]. Available: <https://www.chademo.com/about-us/what-is-chademo> [Accessed: (16/05/2024)].
- [43] Avinash Kumar Yadav, Anindya Bharatee, and Pravat Kumar Ray. Solar powered grid integrated charging station with hybrid energy storage system. *Journal of Power Sources*, 582:233545, 2023.
- [44] Djebarni Ouahiba and Loukrichi Nour Elhouda. *Détection d'ombrage dans les systèmes solaires photovoltaïques*. PhD thesis, Université de Mohamed El-Bachir El-Ibrahimi, Bordj Bou Arreridj, 2022.

-
- [45] Dhahoua Chemess Eddine and Bali Mohamed Larbi. *Commande D'un Système Hybride Autonome*. PhD thesis, Université Mohamed Khider, Biskra, 2022.
- [46] What is mppt algorithm?, 2022. [Online]. Available: <https://www.mathworks.com/discovery/mppt-algorithm.html> [Accessed: (16/05/2024)].
- [47] Yves VIDAL. Hacheur réversible avec asservissement en courant montage didactique. *Bulletin de l'Union des Physiciens*, 717:1217–1227.
- [48] Fateh Ferrah. *Etude et simulation d'un étage mppt pour un système à énergie renouvelable*. PhD thesis, Université Larbi Ben M'hidi, OUM EL BOUAGHI, 2013.
- [49] DJEFFAFLIA Hichem and HATTAB HoussamEddine. *Modélisation et commandé d'un hacheur élévateur*. PhD thesis, Université de L'ARBI Tbessi, Tébessa, 2020.
- [50] Benoit Fleutot. Improvement of lithium microbatteries performances : correlation between local structure and ionic conduction of amorphous solid electrolytes. 12 2010.
- [51] L Debou and D Maghribi. Commande d'un système hybride (photovoltaïqueéolienne) de production d'énergie. *Mémoire de Master, Université de Bejaïa*, 2009.
- [52] Sergi Obrador Rey, Juan Alberto Romero, Lluís Trilla Romero, Àlber Filbà Martínez, Xavier Sanchez Roger, Muhammad Attique Qamar, José Luis Domínguez-García, and Levon Gevorgov. Powering the future: A comprehensive review of battery energy storage systems. *Energies*, 16(17), 2023.
- [53] Zvonimir Šimić, Danijel Topić, Goran Knežević, and Denis Pelin. Battery energy storage technologies overview. *International journal of electrical and computer engineering systems*, 12(1):53–65, 2021.
- [54] Nassim Rizoug. *Modélisation électrique et énergétique des supercondensateurs et méthodes de caractérisation : Application au cyclage d'un module de supercondensateurs basse tension en grande puissance*. Theses, Université des Sciences et Technologie de Lille - Lille I, Feb 2006.
- [55] Hamid Gualous, Rolland Gallay, and Alain Berthon. Utilisation des supercondensateurs pour le stockage de l'énergie embarquée: applications transport. *REVUE DE L ELECTRICITE ET DE L ELECTRONIQUE*, (8):83–90, 2004.
- [56] David BOUQUAIN and Abdellatif MIRAOU. Les supercondensateurs: Principe, modelisation et aplications. *UTBM, Belfort Cedex-France*.

-
- [57] DERRADJ Lounis. *Généralité sur les réseaux électriques*. PhD thesis.
- [58] Groupement des industries de l'équipement électrique, du contrôle-commande et des services associés - Gimelec. Smart electric grids white paper: Industrials at the service of energetic intelligence concrete proposals at the service of the new energy market organisation. Technical Report INIS-FR-18-0827, Groupement des industries de l'équipement électrique, du contrôle-commande et des services associés - Gimelec, 11-17 rue de l'Amiral Hamelin, 75783 Paris cedex 16 (France), 2011.
- [59] LOUNICI Nadia ET DOUAIDI Samiha. *Etude de l'intégration d'un site photovoltaïque dans un réseau Smart Grid*. PhD thesis, UNIVERSITE Akli Mohand Oulhadj, Bouira, 2017.
- [60] FRIHA Wafa et MERDACI Lina Zineb. *Commande d'un moteur à c.c par un redresseur triphasé*. PhD thesis, UNIVERSITE BADJI MOKHTAR, ANNABA, 2021.
- [61] M. Fobeidat. *Three Phase Controlled Rectifiers*. Philadelphia University, n.d. <https://www.philadelphia.edu.jo/academics/fobeidat/uploads/Power%20Electronic%20Course/7%20three%20phase%20controlled.pdf> [Accessed: (20/06/2024)].
- [62] Naki GÜLER. Integration of pv and battery. <https://www.youtube.com/watch?v=jPtTNRGB08E&t=346s>, 2024. Accessed: 21/06/2024.
- [63] Shuaibu Adam, Huiqing Wen, Jieming Ma, Kangshi Wang, and Ka Man. An improved p&o mppt method using boost converter for photovoltaic applications. 10 2020.
- [64] Naki GÜLER. Grid-connected pv with boost converter and inverter. <https://www.youtube.com/watch?v=VwWXwuSnJU&t=935s>, 2024. Accessed: 21/06/2024.
- [65] Muhammad Hasbi Azmi, Siti Mohammad Noor, and Suleiman Musa. Fuzzy logic control based maximum power point tracking technique in standalone photovoltaic system. *International Journal of Power Electronics and Drive Systems*, 14:1110–1120, 06 2023.
- [66] Utkarsh Srivastava. Power converter topologies for vehicle-to-grid (v2g) and grid-to-vehicle (g2v) technologies. <https://github.com/u7karshs/V2G-G2V>, 2024. Accessed: 20/06/2024.

Annexe

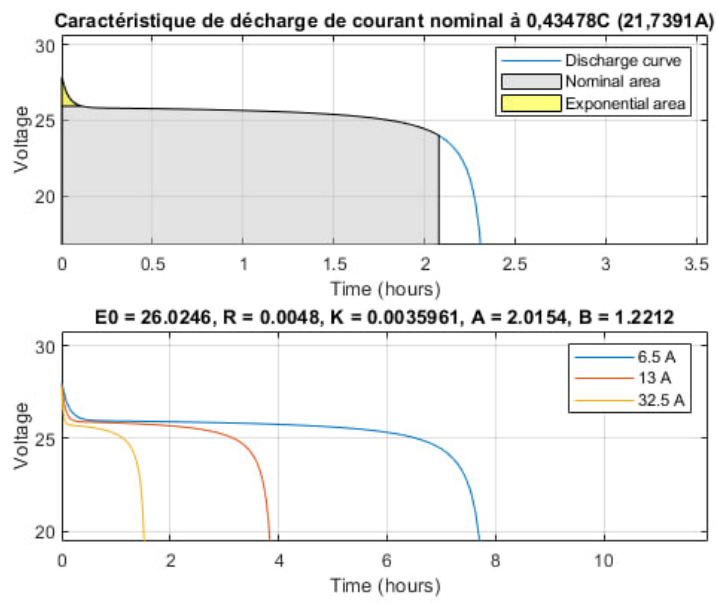


Figure 3.48: Caractéristique de batterie

Maximum capacity (Ah)	50	:
Cut-off Voltage (V)	18	:
Fully charged voltage (V)	27.9357	:
Nominal discharge current (A)	21.7391	:
Internal resistance (Ohms)	0.0048	:
Capacity (Ah) at nominal voltage	45.2174	:
Exponential zone [Voltage (V), Capacity (Ah)]	[25.9293 2.45652]	:

Figure 3.49: Parametre de batterie